N° 1 15 JANVIER 1933

# Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

DIRECTEUR : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris. 

## CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

### § 1. — Météorologie

#### Le temps qu'il fera.

Le temps qu'il fait, et celui qu'il fera, constituent deux sujets de conversation quotidiens et inépuisables. Car ces deux questions occupent chacun, au point de vue de son agrément ou bien de ses intérêts.

Il faut reconnaître toutefois qu'à vouloir prédire le temps on se trompe énormément.

Les taches solaires elles-mêmes sont décevantes. Chacun a entendu parler de la période undécennale, la période de 11 ans environ (mais parfois plus, et parfois moins) pendant laquelle le nombre et l'étendue des taches solaires, partant d'un minimum par exemple, atteignent graduellement en 3 ou 4 ans un maximum qui dure dix-huit mois environ, après quoi, 6 ans durant, il y a descente graduelle vers le minimum et ainsi de suite. Le dernier minimum a eu lieu en 1923 : nous sommes donc fort voisins du suivant.

Quel intérêt cela peut-il avoir en ce qui concerne le temps? Il semble bien que les oscillations de l'activité solaire pourraient avoir une influence sur la température générale et le temps. Seulement il a fallu reconnaître que cette influence se révèle inverse en des régions diverses. Et alors la même cause donnerait un temps favorable en certains parages, et un temps défavorable en d'autres. Ainsi, dans les régions continentales, les étés à maximum de taches sont des étés secs; dans les maritimes, un minimum de pluie correspond à un minimum de taches.

Il est donc bien difficile de fournir des prévisions de quelque certitude sur le temps. Et, en définitive, même en ce qui concerne la prévision à courte échéance, à 1 ou 2 jours de distance, la règle qui semble la plus générale est celle d'après laquelle le temps de demain sera fort probablement celui d'aujourd'hui. Ainsi, d'après 86 années d'observation à Montdidier, J. Rouch a constaté que lorsqu'il a plu un jour, il y a 56 chances sur 100 pour qu'il pleuve le lendemain. Et s'il a plu deux jours de suite, il y a 59 chances sur 100 pour que le troisième soit également pluvieux. Quand il a fait beau un jour, il y a 67 chances pour qu'il fasse beau le lendemain (en août) et s'il a fait beau 5 jours il y a 89 chances pour que le sixième soit beau aussi.

Seulement, on a beau avoir 89 chances pour soi, il en reste 11 contre, et invariablement le temps change, plus ou moins vite.

Pourquoi change-t-il? C'est la grande question à résoudre. Chacun connaît la théorie, sur laquelle repose la prévision du temps prochain. Elle a pour base l'état atmosphérique probable résultant du déplacement des centres de hautes et basses pressions, tel qu'il découle de l'étude des cartes dressées chaque jour. Cette étude montre qu'en Europe occidentale le mauvais temps arrive de l'Atlantique Nord. Mais on ne sait pourquoi se forment ces dépressions, bien que l'on comprenne pourquoi elles se dirigent vers l'est. Et dans ces conditions il est difficile de prévoir le temps probable plus de 24, ou, au plus, 48 heures à l'avance.

Aussi, comme le dit M. H. Mémery, cherche-t-on volontiers dans une autre direction. Admettant comme exacte la théorie d'après laquelle les tem-

pêtes et cyclones résultent de la rencontre de courants d'air à températures différentes, on cherche quelles causes peuvent produire ces différences de température. Et on trouve ceci, en particulier, qu'en Europe occidentale toute recrudescence de taches solaires est suivie d'une hausse de température, toute diminution, d'un abaissement de celle-ci et aussi de l'apparition de dépressions sur l'Atlantique nord, qui, en raison de la dominance des vents d'ouest, viennent sur l'Europe.

La méthode à suivre, a dit M. H. Mémery, consiste à surveiller de près l'activité solaire, et à en tirer des indications sur ce qui se prépare. Et cette méthode présenterait un grand avantage : c'est qu'en réalité, une fois enregistrée une apparition notable de taches solaires, on sait d'avance, à peu près à quel moment elles disparaîtront, du fait de la rotation du soleil lui-même en 25 jours environ, qui fait savoir 12 ou 13 jours à l'avance la date de disparition. Dans ces conditions il serait possible de prévoir le temps près de deux semaines à l'avance. L'idée est intéressante et mérite d'être suivie : on verra ce qu'elle donnera.

V.

## § 2. — Sciences naturelles.

### Recherches physiologiques sur la nutation interrompue.

Les courbures provoquées dans les organes des plantes par des lésions unilatérales se reconnaissent généralement à des caractères typiques. Par contre, il est beaucoup plus difficile de se prononcer sur la nature des courbures qui se produisent à la suite d'amputations d'organes ou de parties d'organes, car ici, à côté de l'excitation due à la lésion, d'autres influences peuvent agir, qui impriment à ces courbures un caractère plus ou moins corrélatif.

Etant donnée l'importance du facteur corrélatif pour l'appréciation des courbures dues aux lésions, deux savants autrichiens, MM. J. Kisser et F. Zeisel[1], ont cherché à élucider ce problème, et ils ont trouvé dans l'étude du phénomène connu sous le nom de « nutation interrompue » une voie qui paraît mener à une solution expérimentale de la question.

Qu'est-ce que la nutation interrompue? Ce processus, qui se rencontre fréquemment dans les pousses foliaires à feuilles alternées, se caractérise par le développement en zigzag de la pousse, les feuilles se plaçant dans le prolongement de l'internœud précédent, plus âgé, tandis que le nouvel internœud, plus jeune, apparaît plus ou moins fortement dévié. On peut admettre que des processus de croissance inégaux des deux côtés antagonistes de la tige constituent la cause de la déviation. La nutation interrompue est largement répandue; on l'observe aussi bien sur les pousses orthotropes que sur les plagiotropes. Dans sa forme typique, elle se limite toutefois aux sections les plus jeunes de la pousse, encore en état de croissance, tandis que dans les parties plus vieilles, ou bien elle a complètement disparu, ou bien, si elle est encore visible, les feuilles entièrement développées ne présentent plus leur position originelle par rapport aux internœuds.

MM. Kisser et Zeisel ont reconnu que la nutation interrompue se manifeste déjà à l'état embryonnaire; mais elle est en rapport direct avec le développement ultérieur de la feuille. En effet, chez les plantes étiolées, l'égalisation des angles se produit très rapidement; mais si on ramène celles-ci à la lumière, elles présentent des angles de nutation très accentués dès que les feuilles reprennent leur développement.

L'alignement de la feuille en état de croissance sur la direction de l'internœud précédent conduit à supposer que la feuille est favorisée au point de vue nutritif par rapport à l'internœud plus jeune qui s'insère à la même hauteur. Une étude approfondie de la conductibilité des systèmes circulatoires du pétiole, des feuilles et des internœuds n'a apporté aucune preuve à l'appui de cette hypothèse. Par contre, la détermination expérimentale de l'eau ayant filtré sous pression à travers un nœud présentant la nutation interrompue a révélé une plus grande conductibilité pour le pétiole de la feuille que pour l'internœud inséré à la même hauteur, tandis que ce n'est pas le cas chez les plantes qui ne présentent pas la nutation interrompue. Ce résultat autorise à admettre que la nutation interrompue écarte de la feuille en état de croissance des résistances de frottement et provoque une nutrition plus facile de celle-ci.

Dans certains cas, les auteurs sont parvenus, par l'amputation d'une feuille ou la séparation des cordons de faisceaux vasculaires, à provoquer une égalisation rapide des angles de nutation. Dans les deux cas, l'excitation due à la lésion et le trouble de la corrélation participent à la courbure de la tige, la première paraissant toutefois prépondérante. Il existe donc aussi après amputation d'une feuille une courbure provenant de la lésion, quoique non pure, où la corrélation de l'organe à la courbure participe en ceci que le mouvement parvient à un équilibre et que le jeune internœud trouve sa nouvelle position de repos dès qu'il a atteint la direction du précédent.

Les courbures qui se produisent après l'amputation d'organes ou de partie d'organes peuvent donc être plus ou moins influencées par des corrélations existantes.

L. Br.

***

### Des Syncarides en France.

Les Syncarides constituent un ordre de Crustacés Malacostracés très ancien, à affinités indécises, à vaste distribution géographique. Pendant longtemps, on n'en a connu que des formes fossiles, toutes rencontrées, à partir de 1856, dans des assises du carbonifère et du permien en Amérique du Nord et en Europe (Grande-Bretagne, Pays-Bas, Belgique, Al-

1. *Anz. der Akad. der Wiss.*, *in Wien*, Math.-Naturwiss. Klasse, n° 19, p. 203, 20 oct. 1932.

lemagne, Bohême). Les deux plus anciens de ces fossiles, des *Palaeocaris* trouvés dans le westphalien inférieur, l'un près de Liége, l'autre près de Woensdrecht (Pays-Bas), vivaient dans la mer; tous les autres habitaient l'eau douce.

En 1896, W. T. Calman (*Trans. R. Soc. Edinburgh*, XXXVIII) a reconnu que cet ordre, considéré jusqu'alors comme éteint, subsistait encore de nos jours : il montrait qu'*Anaspides tasmaniae*, découvert trois ans auparavant sur le Mount Wellington (Tasmanie), décrit par G. M. Thompson (*Trans. Linn. Soc. London*, VI, 1894) et placé par cet auteur parmi les Schizopodes, était en réalité un Syncaride. Plus tard, deux autres survivants du groupe étaient trouvés : *Koonunga cursor* Sayce (*Ibid.*, XI, 1908) près de Melbourne, Australie, et *Paranaspides lacustris* Geoffrey Smith (*Quart. J. micr. Sc.*, LIII, 1909) dans le Great Lake de Tasmanie.

Ces trois formes de la région australienne, où ont persisté tant d'autres reliques de groupes archaïques, vivent dans les eaux douces épigées (cours d'eau, lacs ou marais); elles sont relativement grandes : *Anaspides* et *Paranaspides* atteignent 5 centimètres, et *Koonunga* près d'un centimètre de long; elles sont oculées et plus ou moins pigmentées.

Les Syncarides ont aussi des représentants actuels en Eurasie; sur ce continent, ces survivants habitent exclusivement les eaux souterraines, milieu relativement constant dans l'espace et dans le temps, où, on le sait, de nombreuses formes anciennes, souvent peu spécialisées, se sont conservées au cours des périodes géologiques sans subir de profondes modifications morphologiques.

Comme beaucoup d'Invertébrés obscuricoles, tous les Syncarides eurasiatiques sont des animaux de petite taille, apigmentés et aveugles. Le premier qui a été trouvé, *Bathynella natans* Vejdovsky, a été pêché dans un puits de Prague en 1880, 13 ans avant la capture d'*Anaspides tasmaniae* (Vejdovsky, *Tier. Organ. d. Brunnenw. v. Prag*, Prag, 1882); cette espèce est donc, à vrai dire, le premier Syncaride actuel qui ait été rencontré, mais Vejdovsky, n'ayant pu en examiner qu'un seul exemplaire, n'en a pas reconnu la position systématique. C'est seulement en 1914 que P. A. Chappuis, qui venait d'en trouver plusieurs spécimens dans un puits de Bâle, confirmait une supposition de Calman (*J. Linn. Soc. London*, XXVII, 1899) et plaçait l'animal avec certitude parmi les Syncarides (Chappuis, *Zool. Anz.*, XLIV, 1914; *Zool. Jahrb., Syst.*, XL, 1915); depuis, cet auteur (*Arch. Hydrob.*, XIV, 1922) a retrouvé *B. natans* aux environs de Bâle dans une source captée. Le Crustacé a été signalé ensuite dans une conduite d'eau d'Oefingen (près de Donaueschingen, Bade) par F. Kiefer (*Zool. Anz.*, LXIV, 1925).

Une forme voisine, *Bathynella Chappuisi* Delachaux (*Bull. Soc. neuchât. Sc. nat.*, XLIV, 1920) a été rencontrée : 1° en Suisse (grotte de Vert, canton de Neuchâtel, et conduites d'eau près de Berne); 2° en Roumanie (conduites d'eau de Cluj et deux grottes : pesterea cu apa din Râmet, départ. Alba de jos et pesterea Meziadului, départ. Bihor) (Chappuis, *Bull. Soc. d. Sc. Cluj*, II, 1925); 3° en Allemagne (grotte de Westphalie : Reckenhöhle, près Binolen) (F. Kiefer, *Zool. Anz.*, LXXVIII, 1928).

Un troisième Syncaride européen, *Parabathynella stygia* Chappuis (*Bull. Soc. d. Sc. Cluj*, III, 1926), a été récolté en Vieille Serbie (près Goutcha, région de Tchatchak), dans un ruisseau souterrain appelé Sveta Voda.

Enfin G. O. Sars (*J. Fed. Malay St. Mus.*, XIV, 1929) a décrit *Parabathynella malaya* d'une grotte (Batu cave) de la péninsule de Malaca.

Tout récemment, la présence de Syncarides a été signalée en Grande-Bretagne et en France. *Bathynella Chappuisi* a été rencontrée en 1927 et 1932 dans les carrières souterraines de Corsham près de Bath (S.-O. de l'Angleterre) par A. G. Lowndes (*Proceed. Linn. Soc. London*, 1931-32, Pt. IV et *Nature* [de Londres], CXXX, 1932); les animaux vivaient dans une pièce d'eau totalement obscure, à 60 m. de la surface du sol, avec *Asellus* (*Proasellus*) *cavaticus* Schiödte, Isopode obscuricole mentionné de Carniole, France (Isère, Dijon, Lorraine), Suisse, Allemagne méridionale, Angleterre (une seule station : Ringwood, Hampshire).

De nombreuses *Bathynella natans* ont été capturées au cours de ces dernières années par L. Hertzog (*Bull. Ass. philom. Als. et Lorr.*, VII, 5 [1930], 1932) dans la nappe phréatique des environs de Strasbourg, en compagnie d'une quantité d'autres obscuricoles intéressants, notamment une Némerte non oculée appartenant au genre *Prostoma*, un Dendrocœlidé nouveau (ces deux formes seront décrites par de Beauchamp), le Polychète *Troglochaetus Beranecki* Delachaux, les Ostracodes *Candona Vavrai* Kaufmann et *C. Zschokkei* Wolf, les Copépodes *Canthocamptus Schmeili* Mrazek, *Eucyclops Graeteri* Chappuis, *Acanthocyclops venustus* Norm. et Scott, *A. sensitivus* Greater et Chappuis, *Diacyclops languidoides* Lillj., l'Isopode *Asellus cavaticus*, les Amphipodes *Eucrangonyx Vejdovskyi* Stebbing, *Niphargopsis Legeri* Chevreux (= *Niphargus Caspary* Pratz et part. *N. kochianus* Bate), *N. puteanus* C. L. Koch., des Gastropodes (*Lartetia*).

Ces découvertes récentes, faites en des stations très éloignées les unes des autres, permettent d'espérer que l'on trouvera prochainement des Bathynelles en d'autres régions de notre pays.

P. Remy.

***

### Le mécanisme de l'éclosion des œufs de poisson.

On a longtemps attribué le mécanisme de l'éclosion des œufs des poissons aux actions mécaniques, aux mouvements de l'embryon arrivé à la maturité.

Si l'on examine les coques vides d'une eau courante qui contient les alevins, on peut constater que celles-ci sont explosées comme sous l'action d'une poussée intérieure : l'ouverture n'est pas ronde mais

déchiquetée en lambeaux, sauf en certains points où l'aspect parcheminé et l'épaisseur est restée normale. Cela nous confirmerait en quelque sorte la rupture de la coque sous l'action mécanique.

Nous pourrions être portés à négliger ce phénomène en raison de sa banalité, de son apparente simplicité.

Une observation plus attentive montre que la rupture peut se produire sans l'intervention des mouvements. Les mouvements ne font que contribuer à l'éclosion, mais leur rôle est secondaire.

Un simple fait nous suffira à écarter cette supposition de l'importance des mouvements dans le mécanisme de l'éclosion.

L'œuf de *Gobius paganellus*, œuf piriforme, dont l'embryon arrivant à la maturité fait des mouvements si brusques, au point qu'il arrive à plier l'œuf en deux, n'éclôt pas. L'élasticité de la coque permet à l'œuf de revenir à la position normale sans que le dernier souffre la moindre altération.

Il faut donc chercher ailleurs la clef du mécanisme de l'éclosion de l'œuf.

En 1912, M. Wintrebert, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, a repris les expériences de Harisson, sur les œufs de batraciens dans de l'eau chlorétonée (chlorétone 3 pour 10.000), milieu qu'il a employé pour les œufs de truite arc-en-ciel. Le chlorétone rend les œufs inertes et insensibles, tout en permettant le développement normal de l'embryon. L'absence de mouvements n'empêche pas l'éclosion : elle la retarde seulement de quelques heures.

La coque devient très mince, transparente. Elle n'est point tendue mais molle et lâche. C'est comme si elle était digérée par un ferment. Alors, on comprend pourquoi le redressement plastique de l'animal courbé est suffisant à déchirer la coque qui est devenue très mince.

Si l'on déchire la coque au moment du début de l'éclosion, on assiste à la sortie d'un liquide blanchâtre, visqueux : ce liquide qui avant l'éclosion ressemblait à de l'eau ordinaire, ne devient blanc qu'au moment de l'éclosion de l'œuf.

La sortie se fait le plus fréquemment par la tête, sans brusquerie ; elle n'est pas accompagnée de contractions, mais au contraire elle est suivie de mouvements plus brusques.

On a même pu enregistrer sur un film cinématographique une éclosion type. Les organes qui sortent tendent à boucher les orifices pour que l'eau du milieu ambiant ne pénètre et dilue le liquide périvitellin qui doit finir sa tâche de digérer entièrement la coque.

S'agit-il en effet de digestion ? On n'a qu'à mettre dans une quantité d'eau des œufs fécondés à divers stades de développement. Après l'éclosion des premiers œufs, il se produit une véritable épidémie d'éclosions, car cela est dû à la digestion externe des coques non écloses en contact du liquide périvitellin des œufs déjà éclos. Les coques des œufs fécondés présentent çà et là des plages plus amincies tandis que les œufs non fécondés n'en présentent pas.

Mais la présence du ferment peut se faire *in vitro* aussi. On aspire avec la micro-pipette du liquide périvitellin et on le met dans de l'eau où il y a des moitiés de coques d'œufs non fécondés dont leurs correspondants sont dans de l'eau ordinaire.

Au bout de quelques heures, la moitié d'œufs qui se trouvent dans le liquide où l'on a ajouté du liquide périvitellin sont amincis, tandis que les autres ne subissent aucun changement. On peut donc en conclure que l'altération de la coque est déterminée par un agent de nature enzymatique (ferment).

Mais la question ne finit pas là. Pour l'éclaircir plusieurs problèmes se posent.

D'abord : si la fonction digestive est toujours présente au moment de l'éclosion, quelle est l'origine de ce ferment ? Quelle est la nature de la *zona radiata* (coque ovalaire), le caractère physiologique de ce ferment et les conditions de son action ?

La plupart des expériences ont été faites sur les Téléostéens et ensuite sur les Sélaciens.

En examinant toujours *in vivo* divers genres de Téléostéens, M. Wintrebert et ses collaborateurs, M. Remotti (en Italie) ont admis qu'il y a toujours une simultanéité entre l'apparition du liquide visqueux et l'éclosion, et que la digestion de la coque se voit toujours nettement.

D'autre part, l'examen histologique de la truite arc-en-ciel, de la *Salmo irideus*, de la *Perca fluviatilis* (Wintrebert) montre que le ferment est sécrété par des glandes épidermiques monocellulaires saillantes, se présentant comme des urnes après l'excrétion de leur contenu. Notons en passant que la théorie de M. Remotti s'écroule en face de ces faits. En effet, M. Remotti considère en 1922 que le ferment digestif est le résultat d'une réaction entre sperme et ooplasme, chose qui expliquerait le mécanisme de l'immunisation, l'impossibilité d'hétéro et polyspermie. Dans ce cas la sécrétion de ce ferment prendrait la signification d'une sécrétion de défense constituant « une barrière de défense » contre laquelle tout corps étranger ou protéine étrangère se détruirait. On ne serait donc plus étonné de la digestion de la coque qui constitue quelque chose d'étranger pour l'embryon vivant. On aurait donc la formation d'une « hydro-sphère antixénique ». Selon M. Remotti, la réaction d'immunisation de l'œuf fécondé devrait être généralisée si bien entendu nos connaissances de biochimie de l'ooplasme le permettaient.

Mais comme nous venons de le voir plus haut, les vues de M. Remotti tombent en face des constatations dues à M. Wintrebert.

Examinons maintenant de plus près les choses.

Quelles sont ces glandes à la surface de la peau ? Quel est leur mode de répartition ? Enfin quelle est l'évolution histologique des cellules digestives, leur origine, leur développement, leur mise en

charge, le moment de leur sécrétion, le mode et le temps de leur disparition?

Les expériences de M. Wintrebert sur la truite arc-en-ciel, cyprin doré, etc., et celle de Mlle J. Bourdin sur le *Gobius paganellus*, etc., ont montré que l'éclosion de ces œufs est semblable.

Chez tous on trouve avant l'éclosion dans la peau, des cellules séreuses analogues aux cellules pancréatiques, cellules de Paneth de cryptes Lieberkuniennes.

Quelles sont ces glandes?

Nous savons que la peau de l'embryon présente quatre éléments : *a*) des cellules épidermiques ordinaires, *b*) des cellules muqueuses, *c*) des bourgeons sensitifs, et enfin *d*) des cellules glandulaires spéciales qu'on ne retrouve plus chez l'alevin âgé de 8 jours. Ces dernières cellules glandulaires sont distinctes des autres parce qu'elles ne sont pas aux premiers stades comme les cellules muqueuses.

Les cellules muqueuses et les cellules séreuses diffèrent par leur forme, coutume, contenu et colorabilité. Les cellules muqueuses sont des cellules banales, caliciformes prenant les colorants caractéristiques (la mucicarmine), tandis que les cellules séreuses sont plus volumineuses et varient suivant l'épaisseur de l'épiderme.

Suivant le stade de sécrétion, ces cellules sont remplies de grains de sécrétion qui prennent facilement la safranine, l'hématoxiline, l'éosine. La coloration vitale montre que ces grains naissent dans les vacuoles par des hydratations auxquelles ils prennent place. Les grains de sécrétion bourrent les cellules deux jours avant l'éclosion.

A partir de ce moment l'excrétion qui est précédée d'une fonte des grains a lieu. Les cellules ne sécrètent qu'une seule fois. Elles survivent quelque temps jusqu'à ce qu'elles soient remplacées par des cellules épidermiques banales.

Le rôle des cellules glandulaires se borne à l'unique excrétion.

En ce qui concerne la répartition de ces glandes, rien de précis ne peut pas être avancé en ce moment.

Chez quelques poissons (*Gasterosteus*) les glandes sont réparties sur tout le corps. Mais il y a certains autres (*Carassus, Gobius, Lepadogaster*) où les glandes ont la tendance à s'accumuler dans les endroits abrités, par ex. chez le Nerophys qui, tout en possédant les glandes sur tout le corps, en montre particulièrement dans les replis de l'épiderme, au bout du museau entre les yeux, audessus des fossettes olfactives.

L'ensemble de ces observations montre tout nettement, que l'origine du ferment que l'on trouve dans le liquide périvitellin doit être attribuée aux glandes cutanées, séreuses, propres à l'embryon.

Les recherches de Mlle J. Bourdin ont démontré de façon irréfutable la nature protéinique des coques d'œufs. Il s'ensuit que la nature du ferment se trouvant dans le liquide périvitellin est aussi protéolytique. Le liquide périvitellin digère la coque à 16 degrés en 24 heures. En faisant agir la pepsine sur les coques d'œufs, le résultat est négatif. La pancréatine agit légèrement à 16 degrés et mieux encore à 34 degrés, par conséquent à une température plus élevée que le ferment périvitellin. En mettant des coques intactes partagées en deux moitiés, l'une dans le liquide périvitellin et l'autre moitié dans de l'eau ordinaire (prise comme témoin) à 52 degrés, à 46 et à 34 degrés, le ferment n'agit pas : à 26 degrés il commence à agir, à 12 la température est optima. Le milieu est donc légèrement alcalin, car s'approchant de la nature alcaline où la pancréatine agit elle-même aussi.

Chez les Sélaciens le même mécanisme est valable. Des recherches ont été faites par MM. Wintrebert, Theou-Tai-Choun, etc., sur le *Scyllium canicula*, *Raja clavata*, *R. asterias*, etc., et ont démontré que chez les Sélaciens les glandes à grains de sécrétion ne sont pas réparties sur tout le corps comme chez la plupart des Téléostéens. Il s'agit, en effet, d'une glande frontale qui s'étend plus ou moins ayant le rôle de fabriquer le ferment grâce auquel l'embryon peut sortir de sa coque.

Si l'on suit l'évolution d'une cellule à ferment on remarque que les grains de sécrétion prennent la place du vacuome. Les vacuoles diminuent de plus en plus et le nombre des grains de sécrétion augmentent. Les grains zymogènes ont des tailles différentes suivant le degré de leur maturité. Les grains les plus petits sont les plus mûrs. Cette diminution est due à l'effet d'une forte condensation du contenu vacuolaire. Ils viennent s'accumuler à l'extrémité apicale de la cellule. C'est à ce moment que l'excrétion commence. C'est à ce stade que la cellule est complètement bourrée de grains de sécrétion, les plus petites se trouvant à la partie apicale. Après un maximum de sécrétion, les cellules glandulaires diminuent, et sont souvent intercalées entre d'autres cellules épidermiques qui tendent à les remplacer complètement.

L'intervention de la queue de l'embryon pour enfoncer les enveloppes des œufs n'est plus nécessaire.

Somme toute, le mécanisme de l'éclosion des œufs des poissons réside dans un ferment qui est sécrété par des glandes cutanées au moment de l'éclosion. Le ferment est de nature protéolytique et agit dans un milieu légèrement alcalin se rapprochant en quelque sorte de la pancréatine, tout en gardant des caractères qui lui sont propres.

Mlle D. NEDLER.

Bucarest, août 1932.

## § 3. — Géographie.

### La création d'un observatoire à Tamanghasset, au Hoggar.

M. J. Carde, gouverneur général de l'Algérie, vient de faire au début de cette année un important voyage

d'études dans la région saharienne, accompagné d'autres hauts fonctionnaires de la région. Il s'est dirigé sur Biskra, puis El Oued, dans les oasis du Souf, où s'élèvent de très beaux arbres, et il passa par Touggourt et Ouargla, puis il continua tout son long trajet par Fort-Lallemand, Fort-Flatters et Amguid, pour gagner le Hoggar. Toute la reconnaissance automobile réalisée par la mission a présenté un très haut intérêt. M. Carde fit toute une étude sérieuse de la région et il alla inaugurer un observatoire récemment construit à Tamanghasset.

Cet observatoire est dû à la générosité du Commissariat général du Centenaire de l'Algérie, que dirigeait avec une grande maîtrise M. Gustave Mercier, et à la collaboration savante de M. Lasserre, l'éminent directeur de l'Institut météorologique et physique d'Algérie. Il fait partie du réseau de stations dont cet Institut est l'Etablissement central.

L'observatoire s'élève à peu de distance du fort Laperrine, sur un terrain d'environ quatre hectares, et l'on en prévoit des agrandissements futurs. Il comprend trois pavillons respectivement affectés à la météorologie, au magnétisme terrestre, puis au personnel. On prévoit la construction ultérieure de deux autres stations de même importance, l'une à El-Arfiane, à côté de la station de recherches agricoles de l'Oued Rhir, l'autre au djebel Mekter, près d'Aïn-Sefra.

Ces trois importants observatoires serviront de points d'appui aux stations sahariennes secondaires et permettront, comme on l'a nettement fait observer, non seulement l'étude climatologique et météorologique du Sahara, mais la poursuite de recherches méthodiques dans toutes les autres branches de la physique du globe. L'observatoire saharien va entrer certainement cette année même en plein fonctionnement. Sa portée scientifique offrira un intérêt d'autant plus grand qu'il est utile d'étudier à la fois dans toutes les parties du monde tous les phénomènes aérologiques et géophysiques, à raison des répercussions qui se produisent d'une région sur d'autres, et l'on ne peut espérer bien approfondir les lois de la physique du globe que par des observations simultanées faites sous toutes les latitudes. Déjà des études sont faites dans les régions arctiques et l'expérience a montré que les phénomènes qui s'y produisent ont une répercussion sur la zone équatoriale[1].

Gustave REGELSPERGER.

1. D'intéressantes indications sur cette création nouvelle ont été données dans *L'Afrique Française*, février 1932, par l'article du capitaine Léon LEHURAUX, *Le Voyage du gouverneur général de l'Algérie au Sahara.*



**Mission ethnographique du Dr Rivet en Indochine.**

M. le Dr Rivet, professeur d'anthropologie au Muséum et directeur du Musée d'Ethnographie du Trocadéro, est rentré, au mois de juin, de l'Indochine où il avait été, sur la demande de M. le gouverneur général Pasquier, entreprendre de vastes recherches ethnographiques, et il a rapporté une très riche documentation.

Etant déjà alors reçu docteur en médecine, le Dr Rivet avait commencé ses études ethnographiques au cours d'une grande mission en Equateur, et il y demeura cinq années. Il parcourut ensuite toute l'Amérique et une forte partie de l'Afrique, et son récent voyage en Indochine vint ajouter un fort complément à ses vastes études précédentes. C'est à ce moment même qu'il avait été appelé à la chaire d'anthropologie du Muséum et nommé directeur du Muséum d'Ethnographie.

Au cours de son voyage en Indochine, le Dr Rivet commença par visiter le haut et le bas Tonkin, et il monta ensuite au Yunnan. Revenu à Hanoï, il gagna Vinh par le Laos, puis il se dirigea à l'ouest, vers le pays Moï, où il fait un séjour important pour des études scientifiques. Il revint sur la côte à Nah-Trang, où il visita le bel Institut Océanographique organisé par M. Krempf et que dirige M. Chevey. De là, il alla voir à Dahlak l'endroit où sera installé un grand musée indochinois d'ethnographie.

De Saïgon, le Dr Rivet gagna Phnom-Penh, puis Angkor. Il se rendit ensuite à la péninsule de Malacca, dans l'état de Pérak, pour y observer les négritos et visiter le musée d'ethnographie et d'histoire naturelle de Taïping. Il s'embarqua à Pénang pour rentrer en France.

Au cours de ce long voyage, M. le Dr Rivet a accompli plus de 10.000 kilomètres à travers l'Indochine, et en même temps qu'il a fait de fortes études scientifiques, de caractère ethnographique, il a pu recueillir de très importantes collections qui seront présentées dans une prochaine exposition au Trocadéro[1].

Gustave REGELSPERGER.

1. D'intéressantes informations sur ce voyage ont été données dans *la Dépêche Coloniale et Maritime*, 29 juin 1932.

# QUELQUES CONSIDÉRATIONS SUR LES CONSTRUCTIONS GÉOMÉTRIQUES

1. — Il semble bien qu'en dehors des mathématiciens professionnels, les idées courantes sur la rigueur des constructions géométriques restent, en général, assez confuses; peut-être y aurait-il moyen de les rendre plus précises, grâce aux considérations qui suivent, en vue de tenter de prévenir certains malentendus trop fréquents de la part d'auteurs de solutions relatives à la trisection de l'angle ou à la quadrature du cercle.

2. — Toute construction géométrique repose sur le tracé de droites et de cercles. Le tracé rigoureux d'une droite comporte la connaissance de deux de ses points, dont, au reste, l'un peut être rejeté à l'infini sur une droite déjà tracée (cas du parallélisme); celui d'un cercle, la connaissance de son centre et de son rayon. Le premier de ces tracés s'effectue au moyen de la règle; le second, au moyen du compas. Pour le tracé d'une parallèle on peut, bien entendu, procéder au moyen de la règle et du compas, mais une sensible simplification résulte de l'emploi de l'équerre, qui peut être tenu pour équivalent.

Toute construction qui ne comporte qu'un nombre fini de tracés appartenant à la catégorie précédente pourra être dite *normale*.

3. — Toutefois, la pratique du dessin géométrique peut encore admettre d'autres procédés de détermination des éléments y intervenant moyennant une certaine part de tâtonnement; on arrivera le plus souvent, grâce à l'emploi de tracés normaux, à faciliter un tel tâtonnement, mais non à le supprimer, ce qui, théoriquement, exigerait un nombre infini de tels tracés; il est essentiel de ne pas l'oublier.

Par exemple, sur un dessin où figurent déjà une droite $\Delta$ et un cercle $\Gamma$, on pourra fixer la position d'une autre droite, issue d'un point quelconque O, par la condition que le segment compris sur cette droite entre $\Delta$ et $\Gamma$ ait une longueur donnée $l$. On arrivera par un rapide tâtonnement à fixer cette position en se servant d'une règle graduée, telle que l'usuel double-décimètre des dessinateurs; et, en fait, la précision ainsi obtenue si l'on y apporte un soin suffisant, sera comparable à celle que donne la simple règle pour le tracé de la droite unissant deux points donnés. Pour être rigoureux un tel mode opératoire exigerait théoriquement que l'on portât dans le sens voulu, sur chacune des droites issues de O, à partir de son point de rencontre $\delta$ avec la droite $\Delta$, un segment $\delta\gamma$ de longueur $l$; la courbe $(\gamma)$ décrite par ce point $\gamma$ (courbe bien connue, du quatrième ordre, dite *conchoïde de Nicomède*) couperait alors le cercle $\Gamma$ au point $\gamma$ appartenant à la droite cherchée, et celle-ci serait ainsi déterminée. Mais on voit que — théoriquement, nous tenons à le répéter — cela supposerait la construction d'une infinité continue de points obtenus chacun par une construction normale.

Pratiquement, après s'être rendu compte par un tâtonnement immédiat (fournissant déjà une approximation satisfaisante) de la position cherchée, on tirera par le point O, de part et d'autre de cette position, deux droites qui en soient extrêmement voisines, sur lesquelles on marquera le point $\gamma$ correspondant, comme il vient d'être dit; la droite joignant ces deux points $\gamma$, substituée dans ce très petit intervalle à l'arc de la courbe $(\gamma)$ coupera, à un écart négligeable près, le cercle $\Gamma$ au point $\gamma$ voulu. Dans le langage du dessin géométrique, un tel procédé est dit « de la *courbe d'erreur* ». Mais, sans recourir à une telle courbe d'erreur, et en opérant simplement, comme on l'a indiqué plus haut, à l'aide d'une règle graduée, on sera déjà en mesure de tracer sur le dessin la droite demandée avec une précision tout à fait suffisante. Néanmoins, pour faire ressortir le caractère d'une construction comportant un tracé de ce genre, comparée à celles de la première catégorie (n° 2), on pourra la dire *anormale*.

4. — Cela posé, si la détermination graphique d'un élément géométrique, traduisant une proposition rigoureuse, peut être effectuée au moyen d'une construction normale, au sens qui a été défini ci-dessus, on dit que cet élément peut être obtenu par une *construction rigoureuse* à la règle et au compas.

Pour qu'il en soit ainsi, on sait depuis longtemps[1] que *la condition nécessaire et suffisante est que la grandeur inconnue se déduise des grandeurs connues par des opérations rationnelles ou par des racines carrées en nombre fini.*

Par suite, *si cette grandeur inconnue dépend de la résolution d'une équation algébrique quelconque d'ordre au moins égal à 3, elle ne pourra être obtenue par une construction rigoureuse.*

De là l'impossibilité d'une telle construction pour la trisection de l'angle, qui dépend de la résolution d'une équation du 3e degré, et pour la qua-

1. Voir à ce sujet les excellentes *Leçons sur certaines questions de géométrie élémentaire* de Félix KLEIN (traduction Griess; Nony, 1896).

drature du cercle, qui dépend du nombre $\pi$, transcendant comme l'a démontré Lindemann par une ingénieuse extension de la méthode imaginée par Hermite à propos du nombre $e$, base des logarithmes népériens [1].

5. — On conçoit néanmoins, d'après ce qui a été vu au nº 3, que l'on puisse tourner la difficulté en ayant recours soit à des constructions normales suffisamment approchées, soit à des constructions anormales donnant pratiquement, à des écarts négligeables près, autant d'approximation qu'on en peut attendre de constructions normales dont l'exécution est elle-même fatalement entachée de petites erreurs accidentelles. A cet égard, il y a lieu d'établir une distinction qui ne semble pas avoir été faite jusqu'ici — explicitement, tout au moins —, et qui peut cependant être regardée comme essentielle, entre les *constructions normales approchées* et les *constructions anormales théoriquement exactes* mais seulement, en fait, *pratiquement approchées*.

6. — Dans les premières, on substitue à la grandeur qu'il s'agit de déterminer une autre grandeur qui n'en diffère que d'une quantité négligeable et qui puisse être obtenue par une construction normale. C'est à cette catégorie qu'appartiennent toutes les constructions où intervient la valeur du nombre $\pi$ à laquelle on substitue des valeurs rationnelles plus ou moins approchées. Il convient, à cet égard, de citer les très remarquables constructions données par un géomètre brésilien, M. Cordilha, d'une approximation telle qu'elles peuvent être pratiquement tenues pour équivalentes à une construction rigoureuse.

Voici l'une d'elles : AB étant un diamètre du cercle de rayon $r$ qu'on veut rectifier, on prolonge AB du segment BC égal à $r + \frac{3}{4}r$ ; sur la perpendiculaire élevée en C à AC, on porte le segment CD égal à $\frac{r}{2}$ ; enfin, sur la droite AD on porte, au delà de D, le segment DE égal à $2r + \frac{r}{2}$ ; AE fait connaître la longueur de la circonférence du cercle si l'on prend pour $\pi$ la valeur

$$\frac{\sqrt{229} + 10}{8} = 3{,}1415932\ldots$$

qui ne diffère de la valeur exacte (au dix-millionième près) 3,1415926... que de 0,0000006 ! On peut dire d'un tel écart qu'il est pratiquement inexistant.

C'est encore à la catégorie des constructions normales approchées qu'appartient celle que nous avons nous-même obtenue pour la rectification d'un arc de cercle quelconque [1]. Voici en quoi elle consiste : sur la corde AB de cet arc dont le centre est O prendre le point M tel que $AM = \frac{2}{3}$ AB et tirer la droite OM qui rencontre l'arc en L ; la corde AL est égale aux $\frac{2}{3}$ de l'arc AB avec une erreur relative qui reste inférieure à 0,00001 pour une amplitude de l'arc inférieure à 20° et qui n'atteint la valeur de 0,0001 que vers 40°, celle de 0,001 vers 70° [2]. On voit que, si la parallèle à OM menée par B rencontre en P la droite AL, le segment de droite AP est égal à l'arc AB au même degré d'approximation. Cette construction est d'ailleurs réversible ; sur le cercle de centre O, elle permet de porter, à partir de A, un arc de longueur donnée $l$ ; suffit, en effet, ayant tracé la corde AL de longueur $\frac{2\,l}{3}$ et l'ayant prolongée, de L en P, de la longueur $\frac{l}{3}$, de mener par P la parallèle PB à OL, qui coupe le cercle au point B, extrémité de l'arc cherché. Cette construction fournit donc le moyen de ramener toute opération métrique relative à un arc de cercle à la même opération effectuée sur un segment de droite, et notamment de ramener la division d'un arc de cercle en $n$ parties égales à la même division pratiquée sur le segment de droite équivalent.

D'ailleurs, la trisection de l'angle traitée directement peut donner lieu à des constructions du même genre. En voici un exemple que nous avons naguère fait connaître [3] : soit à trisecter l'angle AOB dont les côtés coupent en A et B un cercle de centre O et de rayon quelconque ; sur la perpendiculaire BH, de pied H abaissée de B sur OA, portons dans le sens HB les segments $HD = \frac{HB}{3}$ et $DC = 2$ HB ; le cercle de centre C et de rayon CD passe sensiblement par le point où la trisectrice de AOB coupe le cercle. En fonction de l'angle $\omega$ à trisecter, la partie principale de l'écart est donnée par $\frac{16}{9}\frac{\sin^6 \frac{\omega}{3}}{\sin \omega}$ expression qui, pour $\omega = 45°$, n'atteint que la valeur 0,000755.

7. — Quant aux constructions anormales, redisons-le, elles traduisent de façon graphiquement approchée des propositions théoriquement rigou-

1. Voir dans les *Conférences sur les mathématiques* de Félix Klein (traduction Laugel ; Hermann, 1898), la Conférence VII (p. 51).

1. *Nouv. Ann. de math.*, 4e série, t. VII, 1907, p. 1.

2. Si l'angle à trisecter est représenté par $\omega$, la partie principale de l'écart est donnée par $\frac{1}{10}\sin^5\frac{\omega}{3}$.

3. *Génie civil*, t. LXII, 1912, p. 79, et *Ens. math.*, t. XXIX, 1930, p. 260.

seuses. C'est à cette catégorie qu'appartiennent la plupart des procédés proposés, en grand nombre, pour la trisection de l'angle[1], à commencer par le procédé que l'on peut dire classique, celui de Nicomède qui peut s'énoncer ainsi : OB étant un segment quelconque porté sur l'un des côtés de l'angle AOB à trisecter, si Γ est le cercle de diamètre OB et Δ la parallèle à OA menée par le centre de ce cercle, la trisectrice est la droite issue de O sur laquelle Γ et Δ découpent un segment égal à $\frac{OB}{2}$. On tracera donc cette trisectrice ainsi qu'il a été indiqué au n° 3.

1. On trouvera la plupart de ces constructions dans l'ouvrage : *Questioni riguardanti la geometria elementare*, publié sous la direction de M. Enriques (Milan ; Zanichelli, 1910)

Un amateur de géométrie, M. Monthulé, nous a communiqué une autre construction du même genre : si un cercle Γ de centre O et de rayon quelconque coupe en A et B les côtés de l'angle à trisecter dont la bissectrice est Δ et si la droite issue de A, rencontrant Δ à l'intérieur de l'angle, sur laquelle Δ et Γ découpent un segment égal à $r$, coupe le cercle Γ en C, le cercle de centre C et de rayon $r$ (donc passant par O) passe par le point de rencontre de la trisectrice cherchée et du cercle Γ. Ici encore, la construction anormale du n° 3 permettra de tracer la droite AC avec toute l'exactitude désirable.

**Maurice d'Ocagne,**
de l'Académie des Sciences.

# PROBLÈMES FONDAMENTAUX DE LA MÉCANIQUE NON LINÉAIRE

Dans l'étude des oscillations les plus variées rencontrées jusqu'ici dans les sciences physiques et techniques on a tâché presque exclusivement de réduire le problème à l'étude des oscillations dites linéaires, c'est-à-dire des oscillations régies par les équations différentielles linéaires avec les paramètres indépendants du temps.

Ceci a été dû dans une large mesure à ce que la théorie de ces dernières équations, grâce à sa simplicité surtout, se trouve suffisamment développée dans l'état actuel de la science, même au point de vue des applications pratiques, — les méthodes symboliques de Heaviside, tant utilisées en Electrotechnique, donnent la preuve éclatante de la validité de l'affirmation émise.

En étudiant cependant de près les oscillations de types différents qui s'imposent à l'œil scrutateur du chercheur dans la Science, et surtout dans cette branche de la Science d'Ingénieur qui a été récemment dénommée à juste titre « Technique des Vibrations », on constate aisément que ce sont les oscillations de tout autre nature, — les oscillations dites non linéaires, — qui sont destinées à jouer un rôle de premier plan dans les recherches actuelles et que c'est seulement le manque de l'appareil mathématique adéquat qui a forcé souvent les chercheurs de se borner à la considération des oscillations linéaires tandis qu'au fond on a eu affaire par essence même des choses aux oscillations non linéaires régies par les équations différentielles non linéaires ainsi que par les équations différentielles linéaires mais avec des paramètres dépendant du temps.

Cette dernière classe d'oscillations aussi peut être incluse dans celle des oscillations non linéaires (vu qu'ici apparaissent certaines propriétés essentiellement non linéaires dont nous parlerons plus loin) et c'est en ceci que la terminologie introduite diffère de celle adoptée en mathématique pure.

Faute du temps nous ne pouvons pas aborder ici l'historique plus ou moins complet du développement de la théorie des oscillations non linéaires.

Bornons-nous seulement à dire que ce sont les problèmes les plus ardus de la Mécanique céleste (en particulier le problème célèbre des trois corps) qui ont fourni les premiers exemples de l'étude des oscillations non linéaires.

Ainsi déjà depuis Lagrange les astronomes, pour traiter les différents problèmes se rapportant aux oscillations non linéaires, ont utilisé avec succès dans le calcul pratique la méthode consistant à développer les fonctions cherchées, vérifiant les équations différentielles, suivant les puissances d'un certain paramètre $\mu$ de valeurs petites intervenant dans les équations différentielles en question.

Or, les développements ainsi formés ne s'adaptent guère à l'étude des propriétés qualitatives des intégrales susdites, surtout pour l'intervalle du temps relativement grand, vu la présence des termes, dits séculaires,

$$t^m \sin \alpha t,$$

où le temps $t$ sort du signe de sinus et de cosinus.

Dans leurs recherches célèbres, H. Poincaré et A. Liapounoff ont insisté à juste titre sur la nécessité d'élaboration de développements débarrassés des termes séculaires et par cela même

plus adéquats à l'étude de la stabilité du mouvement.

« C'est là un point », comme dit l'illustre auteur des « Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste », « dont tous les astronomes ont depuis longtemps le sentiment, et les fondateurs de la Mécanique céleste eux-mêmes, dans les circonstances où ils ont voulu obtenir les formules applicables à longue échéance, ont dû opérer d'une autre manière et renoncer à développer simplement suivant les puissances des masses » (paramètre susdit).

Le problème important de l'obtention des développements libérés des termes séculaires a été résolu dans la seconde moitié du siècle passé par Gylden et Lindstedt, or, les développements obtenus par ces savants malgré leur grandes valeurs pratiques doivent être utilisés pour l'étude qualitative des intégrales avec une extrême prudence vu que H. Poincaré dans son célèbre mémoire (« Sur le problème de trois corps et les équations de la dynamique », *Acta Mathematica*, t. XIII) a prouvé la divergence de ces développements dans certains cas.

Le grand mérite d'élaboration des premières méthodes rigoureuses pour la recherche des solutions périodiques des problèmes non linéaires appartient à H. Poincaré et à A. Liapounoff qui doivent être considérés par conséquent comme les vrais fondateurs de ce nouveau chapitre de la Mécanique, — la « Mécanique non linéaire », dont le but est la création de la théorie générale des oscillations non linéaires.

Il est évident que les oscillations correspondantes aux solutions périodiques des équations différentielles ne sont qu'un cas bien particulier des oscillations se rencontrant dans la nature et que les résultats les concernant « ne nous apprennent », comme dit H. Poincaré, « que peu de chose sur le cas général du problème », mais ce qui leur donne quelque prix, — c'est qu'ils sont établis avec rigueur » dans le domaine où « on faisait bon marché de cette rigueur absolue qui est exigée dans les autres parties de mathématiques ».

Jusqu'à ce dernier temps les résultats fondamentaux de H. Poincaré et A. Liapounoff n'ont pas été cependant suffisamment utilisés par les physiciens et les ingénieurs qui ont continué, même dans les problèmes essentiellement non linéaires, à préconiser l'emploi de l'appareil classique de la théorie linéaire comme médicament souverain, bon pour tous les cas.

C'était le savant hollandais M. Balth. van der Pol qui a attiré le premier, paraît-il, l'attention du monde scientifique sur la nécessité d'élaboration des méthodes spéciales pour traiter les problèmes non linéaires en radiotechnique en s'exprimant à cet égard dans un de ses travaux d'une manière que voici : « It is therefore somewhat surprising that up to the present, though several theoretical contributions to the problem have already appeared, the phenomenon has, as far as we are aware, only been dealt with in a linear theory ».

Dans ses propres travaux dans le domaine des oscillations non linéaires en radiotechnique M. Balth. van der Pol, n'utilisant pas les résultats mentionnés de Poincaré-Liapounoff, obtient ses résultats à l'aide de procédés ingénieux, dépourvu cependant de la rigueur mathématique nécessaire.

Il est juste pourtant de remarquer que les procédés peu rigoureux de l'éminent savant hollandais, et appliqués par lui *ad hoc*, donnent néanmoins quelques indications sur la nature des oscillations quasi périodiques, pour l'étude desquelles les méthodes de Poincaré-Liapounoff dans leur état actuel ne semblent guère applicables.

Dans ses nombreux travaux, M. Bath. van der Pol a élaboré la théorie de l'entraînement ainsi que la théorie de la synchronisation (de la fréquence propre à celle de la force extérieure) et ses recherches l'ont conduit à l'étude du phénomène de la démultiplication de fréquence dans les systèmes de relaxation (d'après la terminologie de M. van der Pol). Rappelons en passant que le phénomène de la démultiplication, de toute première importance en radiotechnique, consiste en ce que, sous l'effet d'une force extérieure périodique quelconque avec la fréquence $\alpha$, dans le système considéré s'excitent les oscillations dont les fréquences seront les sous-multiples de $\alpha$.

Ce phénomène se manifeste non seulement pour les systèmes de relaxation, mais aussi pour les systèmes du type de Thomson, c'est-à-dire non seulement pour les systèmes où les résistances ohmiques jouent le rôle du premier plan en déterminant même les fréquences propres du système (cas de relaxation), mais aussi pour les systèmes où les résistances ohmiques sont relativement petites et n'influencent presque pas les valeurs de fréquences propres (cas du système de Thomson).

Ainsi le savant japonais M. Koga a étudié (*Proc. of the Instit. Radio Eng.*, 1927) le phénomène de la démultiplication de la fréquence dans le cas des systèmes du type de Thomson pour l'oscillateur auto entretenu à lampe.

Toutes ces recherches, si importantes qu'elles soient, ont été élaborées cependant à l'aide de méthodes insuffisamment rigoureuses au point de vue de mathématique et il est à remarquer que les premières méthodes rigoureuses en radio-

technique ont été introduites en France, il semble, par MM. Liénard et Cartan et en U.R.S.S. par les représentants de l'Ecole Mandelstam-Papalexi. Les savants allemands de l'Ecole Barkhausen-Möller se sont occupés avec succès d'une théorie approximative qu'on pourrait appeler la théorie quasi linéaire, utilisée généralement dans les calculs d'ingénieur, mais qui ne semble pas dans la plupart des cas adéquate à supplanter la théorie plus rigoureuse, — justement celle des oscillations non linéaires.

MM. Liénard et Cartan ont étudié les oscillations auto-entretenues des systèmes de relaxation ainsi que des systèmes du type de Thomson ; dans ce but M. Liénard a utilisé certaines méthodes géométriques spéciales (basées sur une transformation préalable qui ne s'adapte pas, ce semble, à l'étude des oscillations influencées aussi par les forces extérieures) en obtenant les résultats importants relatifs à l'établissement du régime, le calcul plus exact des périodes, des amplitudes, des oscillations, etc.

Conformément à ce qui a été dit plus haut il est à noter que l'Ecole de Mandelstam-Papalexi a eu le mérite d'attirer l'attention des radiotechniciens sur les méthodes rigoureuses de Poincaré-Liapounoff dans le problème de l'étude des oscillations périodiques.

Ces admirables méthodes ont été formulées dans les grands travaux des fondateurs de la Mécanique non linéaire pour les systèmes très généraux, dont les systèmes rencontrés en radiotechnique ne sont que des cas bien particuliers, et c'est à ce propos qu'il est curieux de constater que par exemple le phénomène de la démultiplication sous sa forme générale se trouve déjà étudié dans le Chap. XXVIII du tome III des célèbres « Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste » de H. Poincaré.

Dans cet ordre d'idées MM. Andronoff et Witt ont développé la théorie de la synchronisation (« Mitnehmen » des auteurs allemands) et MM. Mandelstam et Papalexi ont étudié le phénomène de la démultiplication des fréquences pour l'oscillateur à lampe non auto-entretenu (nicht angefacht) dans le cas du système du type de Thomson.

Malgré toute leur importance, les méthodes célèbres de Poincaré-Liapounoff ne sont valables cependant, au moins sous leur forme actuelle, que pour les oscillations périodiques tandis qu'en radiotechnique par exemple, ainsi qu'en d'autres sciences bien entendu, on se trouve en présence, par l'essence même des choses, des oscillations quasi périodiques, c'est-à-dire des oscillations possédant au moins deux fréquences indépendantes entre elles.

Ces oscillations quasi périodiques sont dues à l'existence des solutions quasi périodiques des équations différentielles non linéaires, ce qui constitue un problème d'une extrême difficulté auquel ont été consacrées les mémorables recherches de P. Bohl (« Sur quelques équations différentielles générales applicables dans la Mécanique », *Thèse*, Dorpat, 1900).

Or, dans les travaux du fondateur de la théorie des fonctions quasi périodiques ont été recherchées les solutions quasi périodiques répondant à des types d'équations différentielles non linéaires qui ne se rencontrent pas en radiotechnique ni en général dans les systèmes s'offrant à la généralisation des oscillations propres.

Le problème restait donc ouvert malgré toute son importance maintes fois signalée[1].

Dans les trois notes successives aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* (« Quelques exemples d'oscillations non linéaires », tome CLXXXXIV, p. 957; « Sur le phénomène de l'entraînement en radiotechnique », t. CLXXXXIV, p. 1064; « Les phénomènes de démultiplication de fréquence en radiotechnique », t. CLXXXXIV, p. 1119) les auteurs de cet article ont abordé de front le problème en question en établissant les méthodes nouvelles s'adaptant également à l'étude des oscillations périodiques et quasi périodiques.

A l'aide de méthodes élaborées par eux, MM. N. Kryloff et N. Bogoliùboff ont étudié les régimes quasi périodiques s'excitant dans un oscillateur à lampe auto-entretenu sous l'effet d'une force extérieure périodique. Dans les notes susdites ont été présentés aussi les résultats relatifs à l'étude faite par les auteurs des phénomènes complexes de résonance dans le cas non linéaire où se trouvent examinées, outre la résonance principale (la seule connue dans la théorie linéaire), encore les résonances dites de démultiplication qui se caractérisent, ainsi que la résonance principale, par la disparition des battements à l'intérieur de certaines zones, dont la largeur et l'emplacement ont été également calculés.

Ces résultats posent le fondement de la « Mécanique non linéaire », étant donné qu'ils s'appliquent immédiatement dans toutes branches de la Science où les oscillations non linéaires interviennent, comme par exemple l'Astronomie.

En poursuivant leurs recherches, les auteurs sont parvenus à se libérer même de la formation des équations différentielles correspondantes au problème (et dont le maniement est parfois si encombrant) en formant, au lieu d'elles directement,

1. Ces oscillations ont été aussi étudiées, dans un cas plus particulier, par M. Balth. van der Pol à l'aide de ses méthodes.

certaines équations symboliques, dont le traitement, tout en conservant l'élégance et la souplesse des méthodes si commodes (problème linéaire) du calcul symbolique de Heaviside, présente une généralisation appropriée des méthodes symboliques pour les problèmes non linéaires.

Le champ d'applications des méthodes susdites est très vaste, d'autant plus que dans leur étude du problème non linéaire les auteurs ont constaté (voir plus loin) certains *phénomènes de discontinuité* qui jetteront un jour nouveau, les auteurs n'en doutent pas, sur toutes branches de la Science, et tout particulièrement sur la « Mécanique quantique ».

Dans ce qui va suivre les auteurs se bornent à présenter, faute du temps, seulement une petite partie de leurs résultats obtenus dans la voie susdite dans le domaine de la radiotechnique.

Considérons à titre d'exemple un oscillateur quelconque (quoique on aurait pu envisager, bien entendu, un système de beaucoup plus compliqué en le traitant par les mêmes méthodes), dont le seul élément non linéaire réside en la lampe à trois électrodes, ce qui constitue en somme un système composé d'un circuit linéaire extérieur et une lampe électronique.

Les électrodes de cette lampe, comme il est connu, présentent l'une par rapport aux autres des capacités, de sorte que par les électrodes de la lampe passent non seulement des courants purement électroniques mais aussi des courants de capacité dus aux capacités $C_{ag}$ (plaque-grille), $C_{gf}$ (grille-filament), $C_{af}$ (plaque-filament).

La lampe envisagée peut être par conséquent schématiquement représentée par la lampe fictive et les circuits linéaires composés des capacités, où par la lampe fictive ne passent que des courants électroniques définis à l'aide de soi-disant caractéristiques statistiques (relevées expérimentalement), à savoir :

1) $$I_a = f_a(E_a, E_g),\ I_g = f_g(E_a, E_g),$$

où

$$I_e = I_a + I_g = f(E_g + DE_a)$$

$I_a$ — courant de la plaque, $I_g$ — courant de la grille, $I_e$ — courant total d'émission;

$E_a$ et $E_g$ sont respectivement les tensions de la plaque et de la grille;

$E_g + DE_a$ — tension régulatrice (« Steuerspannung » de Barkhausen), D — la perméabilité.

L'oscillateur considéré se trouve donc décomposé en une lampe « statique » (pour laquelle les relations entre les tensions et les courants sont données par les formules (1)) et un circuit linéaire total composé à son tour du circuit linéaire extérieur et du circuit linéaire formé par les capacités intérieures susdites.

Or, en vertu des lois de Kirchoff, il est toujours possible de caractériser ce circuit total linéaire par les trois impédances symboliques

$$R_a(j\omega),\ R_g(j\omega),\ M(j\omega), \quad \text{où} \quad j\omega = \frac{d}{dt},$$

et on obtient alors

2) $$e_a = -R_a i_a + M i_g,\ e_g = -R_g i_g + M i_a,$$

où

$$E_a = E_a^0 + e_a,\ E_g = E_g^0 + e_g,\ I_a = I_a^0 + i_a,\ I_g = I_g^0 + i_g$$

tandis que

$$E_a^0,\ E_g^0,\ I_a^0,\ I_g^0$$

sont respectivement les parties constantes de

$$E_a,\ E_g,\ I_a,\ I_g$$

c'est-à-dire leurs valeurs moyennes (au sens attribué à ce mot dans la théorie des séries de Fourier).

Le système des équations symboliques (2) équivaut à la représentation (abstraction faite de la méthode spéciale d'introduction des sources des tensions constantes) du circuit linéaire total à l'aide du schéma adéquate.

En tenant compte du système (1), on obtient d'un coup les équations générales symboliques de l'oscillateur.

3) $$\left\{\begin{aligned} e_a &= -R_a \text{ p. v } f_a(E_a^0 + e_a, E_g^0 + e_g) \\ &\quad + M \text{ p. v. } f_g(E_a^0 + e_a, E_g^0 + e_g), \\ e_g &= -R_g \text{ p. v. } f_g(E_a^0 + e_a, E_g^0 + e_g) \\ &\quad + M \text{ p. v. } f_a(E_a^0 + e_a, E_g^0 + e_g). \\ &\text{p. v.} = \text{partie variable}, \end{aligned}\right.$$

Dans le cas important, celui de l'absence du courant de la grille (qu'on tend généralement à réaliser en pratique) les équations (3) se simplifient et conduisent à l'équation symbolique suivante

4) $$e = R_k \text{ p.v. } f(E_0 + e),$$

où

$$e = e_g + De_a,\ E_0 = E_g^0 + DE_a,\ R_k = R_a(K - D),$$
$$K = \frac{M}{R_a}.$$

Par la même voie, on aurait pu bien entendu obtenir aussi l'équation symbolique ne contenant pas l'opérateur p. v. et on arrive ainsi à l'équation

5) $$\varepsilon = R_k f(\mathcal{E}^0 + \varepsilon),$$

où

$$\varepsilon = E_g + DE_a - \mathcal{E}_0,\ \mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_g + D\mathcal{E}_a,$$

$\mathcal{E}_a$ et $\mathcal{E}_g$ sont respectivement les voltages des batteries intervenant dans les circuits de la plaque et de la grille.

Remarquons ici que l'équation (5) aux notations près a été aussi signalée par M. Ph. Corbeiller dans son importante Note aux *Comptes rendus* (tome CLXXXXIV, p. 1564).

Cette équation (5) au fond n'est autre chose évidemment qu'une équation différentielle non linéaire.

Pour s'en assurer il suffit de présenter R $(j\omega)$ sous la forme d'une fonction rationnelle (ce qui est bien entendu possible pour les cas ordinairement rencontrés dans la pratique)

$$R(j\omega) = \frac{P(j\omega)}{Q(j\omega)},$$

où P et Q sont les polynomes en $(j\omega)$ et alors on tire de (5)

$$Q\left(\frac{d}{dt}\right)\varepsilon = P\left(\frac{d}{dt}\right)f(\mathcal{E} + \varepsilon).$$

En considérant à titre d'exemple l'oscillateur, composé suivant un schéma simple et dont les capacités intérieures de la lampe sont supposées négligeables, on obtient évidemment.

$$K = \frac{L_{ag}}{L_a}, \quad R_a = \frac{L_a j\omega\left(R + \frac{1}{Cj\omega}\right)}{L_a j\omega + R + \frac{1}{Cj\omega}},$$

de sorte que

$$R_k = [L_{ag} - DL_a]\frac{j\omega(1 + RCj\omega)}{L_aC(j\omega)^2 + RCj\omega + 1}$$

et par suite on reçoit l'équation différentielle non linéaire correspondant à l'équation symbolique en question

$$L_aC\frac{d^2\varepsilon}{dt^2} + RC\frac{d\varepsilon}{dt} + \varepsilon$$
$$= (L_{ag} - DL_a)\left(RC\frac{d^2}{dt^2} + \frac{d}{dt}\right)f(\mathcal{E}_0 + \varepsilon).$$

En revenant à présent à l'équation symbolique (4), supposons qu'il s'agit ici d'un système du type de Thomson, c'est-à-dire que les résistances ohmiques intervenant dans l'oscillateur sont suffisamment petites.

Supposons aussi pour la simplicité de l'exposition que le circuit linéaire total dont on a parlé plus haut, n'admet qu'une seule fréquence de résonance; en d'autres termes supposons qu'il n'existe qu'une seule racine positive de l'équation

$$z(\omega_1) = 0, \quad \text{où} \quad R(j\omega) = r(\omega) + jz(\omega),$$

au voisinage de laquelle le module de la fonction Rk $(j\omega)$ prend la forme du cas de résonance aiguë. Alors en dénotant par $\omega_1$ cette racine et en posant

$$6) \qquad f_n(B) = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(E_0 + B\cos t)\cos nt\,dt, \; n = 1, 2\ldots$$

on peut énoncer le résultat suivant[1] : *si l'équation*

$$7) \qquad \Upsilon(\omega_1)f_1(B) = B$$

*admet en B une racine telle que*

$$8) \qquad \Upsilon(\omega_1)f'_1(B) < 1,$$

*il existe un régime stable des oscillations et en première approximation on a*

$$9) \qquad e = B\cos\omega_f t, \; \omega_f = \omega_1.$$

D'autre part, si les résistances ohmiques étaient rigoureusement nulles, alors dans le cas de l'absence de la lampe, au lieu de l'équation (4) on aurait l'équation symbolique

$$z(\omega)\, e = 0,$$

dont la solution sera évidemment

$$e = A\cos\omega_1 t,$$

c'est-à-dire de même forme que (9), mais cette fois l'amplitude A y est *arbitraire* et dépend des conditions initiales.

De ce qui précède on peut conclure, et c'est une chose bien curieuse à constater, que le système du type de Thomson peut être avec une certaine approximation assimilé à un système linéaire sans amortissement, *or parmi toutes les solutions fournies par la théorie linéaire on doit choisir pour le système du type de Thomson les solutions particulières, justement celles qui vérifient certaines conditions de* « quantisation ». (l'équation (7) pour l'amplitude de l'oscillation).

Ainsi donc le rôle « de la petite non-linéarité » des systèmes du type Thomson se réduit principalement à imposer certaines conditions de sélection, tout comme au début de la Mécanique quantique (recherches de MM. Bohr-Sommerfeld), on se contentait de choisir parmi les solutions fournies par la Mécanique classique celles qui vérifient certaines conditions de quantisation.

Cette constatation contredit la validité du principe de la superposition pour les oscillations non linéaires comme il fallait s'y attendre, ou plutôt elle montre une conséquence des plus curieuses qu'on peut tirer de la non-linéarité des oscillations.

Remarquons en passant que l'équation (7), dont nous nous sommes servis pour tirer la conclusion susdite relative à la « quantisation » des amplitudes, a été obtenue au moyen d'un procédé spécial et assez compliqué permettant de faire disparaître les termes séculaires des développements correspondants. A ce propos il n'est pas, ce nous semble, dénué d'intérêt, de constater que si par le même procédé (pour la disparition des termes séculaires) on se livre à l'étude des oscillations dans les systèmes conservatifs de la Mécanique classique, alors le phénomène de la quantisation susdite n'apparaît guère (les amplitudes dépendent des constantes arbitraires de l'intégration tout

1. Obtenu déjà (par les raisonnements non rigoureux) par l'Ecole allemande.

comme dans le cas linéaire), mais en revanche on obtient certaines relations exprimant les fréquences propres en fonction des amplitudes; on constate donc que dans le cas actuel les périodes des oscillations dépendent des constantes arbitraires, c'est-à-dire *pour les systèmes conservatifs la non-linéarité se manifeste par la perte de l'isochronisme contrairement à ce qui se passe dans les systèmes rencontrés en radiotechnique.*

En abordant à présent l'étude du *régime transitoire* de l'oscillateur on peut constater par l'application des mêmes méthodes qu'avec le même degré d'approximation on a

10) $e = B(\delta t) \cos \omega_f t, \quad \omega_f = \omega_1,$

où $\delta$ est le décrément de l'amortissement (correspondant à la fréquence $\omega_1$) du circuit linéaire total et où $B(t)$ vérifie l'équation différentielle

11) $$\frac{dB}{dt} = \Upsilon(\omega_1) f_1(B) - B$$

obtenue à l'aide de considérations assez compliquées.

De l'équation (11) on tire immédiatement que quand une des conditions

$$\Upsilon(\omega_1) f_1(B_0) > B_0 \quad \text{ou} \quad \Upsilon(\omega_1) f_1(B_0) < B_0$$

se trouve réalisée, alors quelque petite que soit la valeur initiale $B_0$ de B, l'amplitude $B(t)$ change d'une manière monotone en s'approchant indéfiniment vers une des valeurs stationnaires stables déterminées au moyen de l'équation de « quantisation », dont on a parlé plus haut.

Cette équation (11) a été obtenue pour certains cas particuliers et à l'aide d'un raisonnement non rigoureux par M. Balth. van der Pol, qui l'a appliquée à l'étude de certaines propriétés des oscillations entretenues, par exemple « Oscillation Hysteresis » (*Philosophical Magazine*, 1922) consistant dans la coexistence de la possibilité de plusieurs régimes stables.

De cette même équation (11) on peut tirer, entre autre la condition

12) $\Upsilon(\omega_1) S \geq 1 \quad \text{ou} \quad S = f'_1(0) = f'(E_0),$

bien connue de M. Barkhausen (qui l'a obtenue à l'aide de la théorie linéaire) pour que le phénomène de l'auto-excitation ait lieu, c'est-à-dire pour qu'à la suite d'un ébranlement initial accidentel, quelque petit qu'il soit, la valeur de l'amplitude B commence à croître jusqu'à la première valeur stationnaire stable.

Remarquons entre autre que bien des propriétés (stabilité, différentes formes de l'entretien) des oscillations auto-entretenues peuvent être mises en pleine lumière par l'emploi raisonné du diagramme présentant graphiquement la courbe

13) $$y = \frac{B}{f_1(B)},$$

et ce diagramme, d'après l'opinion des auteurs de cet article, présente certains avantages comparativement au diagramme bien connu de M. Möller (« Electronenröhren »).

Dans ce qui précède ont été détaillées seulement les approximations sinusoïdales, lesquelles rendent bien des services pour les calculs pratiques en radiotechnique, mais ne suffisent guère à l'état actuel de la radiotechnique, vu que la fréquence de l'oscillateur dépend comme on sait du régime, et l'approximation sinusoïdale susdite ne rend pas compte de cette dépendance. D'autre part la multiplication actuelle très rapide des Postes d'émission de T. S. F. exige impérieusement la constance des fréquences des oscillateurs, d'où il s'ensuit la nécessité du calcul des fréquences au moyen des formules donnant la plus grande approximation afin de se rendre compte des conditions assurant la constance susdite d'une manière la plus parfaite.

Par l'application de leurs méthodes les auteurs de cet article ont obtenu au moyen d'une analyse assez délicate la formule suivante pour le calcul de la fréquence

14) $$\frac{z(\omega_f)}{r(\omega_f)} = \sum_{n=2}^{\infty} n \left[\frac{f_n(B)}{f_1(B)}\right]^2 \frac{z(n\omega_1)}{r(\omega_1)},$$

laquelle établit sous la forme explicite la dépendance cherchée entre la fréquence et le régime.

Pour la tension régulatrice les auteurs ont reçu à son tour l'expression suivante :

15) $$e = B \cos \omega_f t - \sum_{n=2}^{\infty} z(n\omega_1) f_n(B) \sin n\omega_f t.$$

Dans le cas souvent rencontré dans la pratique, — celui où le facteur du couplage $K(j\omega)$ est réel et ne dépend presque pas de la fréquence — on arrive après quelques transformations évidentes à la conclusion suivante : *la phase de l'impédance du circuit linéaire de la plaque est égale à la somme de* n *fois la puissance réactive du* n*-ième harmonique (à partir de la seconde) divisée par la puissance active de l'harmonique fondamentale.*

Ce résultat sous la forme explicite se traduit au moyen de la formule que voici

$$\varphi(\omega_f) = \sum_{n=2}^{\infty} n \left[\frac{f_n(B)}{f_1(B)}\right]^2 \frac{z_a(n\omega_1)}{r_a(\omega_1)}$$

où $\varphi(\omega)$ — l'angle de phase de $R_a(j\omega)$ — l'impédance du circuit linéaire total de la plaque,

$$Z_a(n\omega) = |R_a(jn\omega)| \sin \varphi(n\omega), \; r_a(\omega_1) = |R_a(j\omega_1)| \cos \varphi(\omega_1) = R_a |(i\omega_1)|, \text{ car ici } \cos \varphi(\omega_1) = 1.$$

Faute de place sont omises ici bien des formules obtenues par les auteurs dans cette direction et qui permettent de tirer bien des conclusions se rapportant au problème de toute première importance — la stabilisation de la fréquence.

Jusqu'ici dans ce qui précède a été considéré le cas relativement simple d'un oscillateur isolé avec une fréquence propre où les seules solutions stationnaires étaient les solutions périodiques pour l'étude desquelles les méthodes de Poincaré-Liapounoff sont applicables et efficaces.

En abordant à présent l'étude du cas de beaucoup plus difficile et pas suffisamment étudié à notre avis (*où les résultats obtenus analytiquement peuvent donner, ce nous semble, des indications à suivre pour les expérimentateurs*) bornons-nous à la simple énumération, raccourcie d'ailleurs, des résultats obtenus par les auteurs de cet article dans l'étude du fonctionnement de l'oscillateur sous l'effet d'une force électromotrice extérieure.

En supposant pour fixer les idées que sur la grille de la lampe est appliquée une tension extérieure de la forme

$$\mathcal{E}_g = F_g \cos\alpha t$$

on arrive après quelques transformations à l'équation symbolique suivante

16) $$e = R_k \text{ p. v. } f(E_0 + \mathcal{E}_g + e),$$

où $e_a$ et $e_g$, étant respectivement les p. v. (parties variables) des tensions de la plaque et de la grille, vérifient les relations que voici

17) $$e_a = -\frac{1}{K-D}e,\ e_g = \mathcal{E}_g + \frac{K}{K-D}e.$$

A l'aide des considérations très délicates, les auteurs de cet article en appliquant leurs méthodes ont démontré que :

1° *Les solutions stationnaires de l'équation symbolique (16) sont quasi périodiques avec les deux fréquences principales* $\alpha$ *et* $\omega_1$ *de sorte que*

18) $$e = z(\alpha t, \omega_1 t),$$

*où* z(x,y) *est une fonction périodique avec le période* $2\pi$ *par rapport à chacune des variables* x *et* y.

*Toutes les autres solutions sont asymptotiques à ces solutions stationnaires.*

La fréquence $\alpha$, celle aussi de la force extérieure, sera appelée, dans ce qui suit, la fréquence forcée; la fréquence $\omega$, *qu'on peut démontrer être voisine de* $\omega_1$ (fréquence propre pour le cas linéaire) sera appelée pour cette raison la fréquence propre, quoique dans le cas actuel (non-linéarité) elle dépend, outre les paramètres propres du circuit, encore de la force extérieure.

2° *Parmi les solutions stationnaires, ci-dessus mentionnées, se trouvent aussi celles qui contiennent seulement la fréquence forcée (et ses obertones) étant de la forme*

19) $$e = z(\alpha t).$$

Les solutions de ce type peuvent être appelées *hétéropériodiques* et leur étude s'accomplit à l'aide des méthodes de Poincaré-Liapounoff (vu qu'elles sont périodiques) ainsi que par les méthodes des auteurs de cet article.

*Quand* $\omega_1$ *est à l'extérieur du domaine de résonance, c'est-à-dire quand* $\omega_1$ *n'est pas voisine de* $n\alpha$ (n = 1, 2,...) *il n'existe évidemment qu'un seul régime hétéropériodique* auquel correspondent les formules évidentes facilement déduites par bien des méthodes et qui sont omises ici faute de place.

Si au contraire $\omega_1$ est au voisinage de ces nombres $n\alpha$ (1, 2,...) il existe en général *plusieurs régimes hétéropériodiques.* Pour $\omega_1 \sim \alpha$ on obtient par exemple en première approximation la formule

$$\mathcal{E}_g + e = L\cos(\alpha t + \psi),$$

où L et $\psi$ se déterminent des équations suivantes, toujours résolubles,

$$\Upsilon[(\alpha)f_1(L) - L]^2 + \left(\frac{\omega-\alpha}{\delta}\right)^2 L^2 = \left\{1 + \left(\frac{\omega-\alpha}{\delta}\right)^2\right\} E^2_g$$

$$\psi = \theta - \xi;\ tg\theta = \frac{\omega-\alpha}{\delta}\cdot\frac{L}{L - \Upsilon f_1(L)},\ tg\xi = \frac{\omega-\alpha}{\delta}.$$

Ces formules pour le schéma particulier de l'oscillateur ont été aussi obtenues dans une note des auteurs à *Comptes rendus de l'Académie de Paris* (t. CLXXXXIV, p. 1064).

3° En étudiant de près les régimes hétéropériodiques, on constate que sous certaines conditions ces régimes deviennent instables de sorte qu'il suffit d'un ébranlement initial arbitrairement petit pour changer automatiquement le régime hétéropériodique dans un autre où la fréquence propre $\omega_1$ (distincte de $n\ \alpha$, $n$ = 1,2,...) intervient et qui de ce fait peut être appelé le *régime autopériodique.*

Ce phénomène présente une analogie complète avec celui qu'on observe dans le cas de l'oscillateur libre (fonctionnant sans tension extérieure appliquée), où sous certaines conditions les régimes d'équilibre deviennent aussi instables en donnant lieu au phénomène d'entretien. C'est pourquoi le phénomène susdit dans le cas des régimes hétéropériodiques peut être appelé aussi le phénomène d'*entretien.* Il est à remarquer cependant que dans le cas actuel le phénomène susdit est extrêmement complexe et n'a pas été suffisamment étudié jusqu'ici.

Voici les résultats obtenus à cet égard par les auteurs de cet article.

*Si $\omega_1$ (fréquence linéaire) n'est pas dans le voisinage d'un des points*

$$n\alpha,\ n = 1, 2, 3, \ldots \quad \text{et} \quad \left(n + \frac{1}{2}\right)\alpha,\ n = 0, 1, 2, \ldots$$

*alors on arrive aux conditions « normales » de l'entretien, à savoir*

$$20) \quad \Upsilon(\omega_1)\,\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f'(E_0 + F_g \cos t)\,dt > 1,$$

laquelle pour $F_g$ (l'amplitude de la tension extérieure) suffisamment petite se réduit à la condition bien connue de M. Barkhausen pour l'oscillateur libre.

Au contraire si $\omega_1$ est voisin de $n\alpha, n = 1, 2, 3, \ldots$ alors les conditions d'entretien ayant la forme assez compliquée peuvent être obtenues par l'application des méthodes de Poincaré-Liapounoff et dans le cas particulier de la forme spéciale de la caractéristique statique d'émission, — justement celle

$$21) \quad f(E_g + DE_a) = S(E_g + DE_a) + \beta(E_g + DE_a)^2 + \gamma(E_g + DE_a)^3 + \text{const.}$$

de M. Balth. van der Pol, les conditions d'entretien au fond ont été déjà étudiées sous différentes formes par MM. Andronoff et Witt (*The Journal of applied Physics*, vol. VII, nº 4) et par les auteurs de cet article (v. les notes à *C. R.* déjà citées).

*Pour le cas de $F_g$ suffisamment petite et $\omega_1$ voisin de $\alpha$ pour la forme quelconque de la caractéristique susdite* N. Kryloff et N. Bogoliùboff ont obtenu les résultats suivants : Si l'oscillateur en état libre n'est pas auto-entretenu, il ne le sera pas non plus quand une tension extérieure de faible amplitude est appliquée, ce qui est d'ailleurs évident. *Si, au contraire, l'oscillateur en état libre est auto-entretenu, alors quand une tension extérieure de faible amplitude agit, l'entretien n'aura pas lieu sauf si la fréquence linéaire se trouve hors de l'intervalle*

$$22) \quad \alpha - \delta\frac{F_g}{B} < \omega_1 < \alpha + \delta\frac{F_g}{B},$$

où B est la plus petite amplitude de l'oscillation stationnaire stable dans le cas de l'oscillateur libre.

*A l'intérieur de cet intervalle, quelque petite que soit la tension extérieure, l'entretien n'aura pas lieu.*

Les conditions d'entretien ci-dessus formulées sont évidemment plus étroites que les conditions normales (v. plus haut) et par cela même peuvent être considérées comme anormalement défavorables.

Les conditions du même type auront lieu au voisinage des résonances supérieures

$$(\omega_1 \approx 2\alpha, 3\alpha, \ldots).$$

*Quand la fréquence linéaire $\omega_1$ se trouve au voisinage des points*

$$\left(n + \frac{1}{2}\right)\alpha,\ n = 0, 1, 2, \ldots$$

*alors la condition d'entretien normal subsiste seulement pour les valeurs de $\omega_1$ se trouvant à l'extérieur de l'intervalle de l'exception*

$$23) \quad \left(n + \frac{1}{2}\right)\alpha - Z_n < \omega_1 < \left(n + \frac{1}{2}\right)\alpha + Z_n,$$

où

$$24) \quad Z_n = \frac{\delta}{2\pi}\Upsilon\left|\int_0^{2\pi} f'(E_0 + F_g\cos t)\cos(2n+1)t\,dt\right|$$

*A l'intérieur de cet intervalle a lieu la condition d'entretien suivante*

$$25) \quad 1 - \Upsilon(\omega_1)\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f_1'(E_0 + F_g\cos t)\,dt < \frac{\sqrt{Z_n^2 - \left(\omega_1 - \left[n + \frac{1}{2}\right]\alpha\right)^2}}{\delta},$$

*évidemment satisfaite si la condition normale*

$$1 - \Upsilon(\omega_1)\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f'(E_0 + E_g\cos t)\,dt < 0$$

*l'est et par cela même pouvant être considérée comme la condition d'entretien anomalement favorable.*

De l'expression même de $Z_n$ on conclut que la longueur des intervalles de l'exception tend vers zéro pour $n \to \infty$.

*Pour $F_g$ suffisamment petite on a les formules approchées*

$$2Z_0 = |\delta f'(E_0)\Upsilon|\,F_g,\quad 2Z_1 = \left|\frac{\delta f'''(E_0)}{24}\Upsilon\right| F_g^3, \ldots$$

et à l'intérieur de l'intervalle

$$\frac{\alpha}{2} - Z_0 < \omega_1 < \frac{\alpha}{2} + l_0,$$

qui sera le plus large parmi les intervalles de l'exception, la condition d'entretien s'écrit approximativement comme il suit

$$1 - \Upsilon S < \sqrt{|f'(E_0)\Upsilon|^2 F_g^2 - \left[\frac{\omega_1 - \frac{\alpha}{2}}{\delta}\right]^2}$$

d'où il découle que *l'oscillateur peut être auto-entretenu pour l'état libre et en même temps auto-entretenu pour le cas actuel* (tension extérieure appliquée).

La propriété qui vient d'être signalée relative à l'existence des conditions exceptionnellement (anomalement) favorables pour l'entretien des oscillations propres au voisinage de

$$\omega_1 \sim \left(n + \frac{1}{2}\right)\alpha$$

est une propriété caractéristique des systèmes non linéaires et a lieu non seulement dans les oscillateurs de radiotechnique mais *encore* pour les systèmes où il n'y a plus de « frottement de signe variable » et c'est pour cette raison qu'au début de cet article, dans la catégorie des systèmes non linéaires, ont été aussi inclus ceux qui sont régis par les équations différentielles avec les paramètres variables.

En prenant à titre d'exemple le cas simple d'un pareil système, — justement un circuit oscillant peu amorti (système du type de Thomson) composé par exemple d'une self (L) et d'une résistance (R) constantes et de la capacité (C) variable périodiquement

26) $$C = C_m + \Delta C; \quad \frac{\Delta C}{C_m} = \sum_{n=1}^{\infty} g_n \cos n\alpha t,$$

où

$$\frac{\Delta C}{C_m}$$

est suffisamment petite,

on constate après quelques calculs que si

27) $$\left|\frac{g_{2n+1}}{2}\right| < \frac{R}{L\left(n+\frac{1}{2}\right)\alpha},$$

*alors à l'intérieur de l'intervalle*

28) $$\left(n+\frac{1}{2}\right)\alpha - l_n < \omega_1 < \left(n+\frac{1}{2}\right)\alpha + l_n$$

où

29) $$l_n = \frac{\left(n+\frac{1}{2}\right)\alpha}{2}\sqrt{\left[\frac{g_{2n+1}}{2}\right]^2 - \left[\frac{R}{L\left(n+\frac{1}{2}\right)\alpha}\right]^2},$$

*il se produit le phénomène d'entretien des oscillations propres avec la fréquence*

$$\left(n+\frac{1}{2}\right)\alpha$$

*et le calcul de l'amplitude stable s'effectue en tenant compte de la « non-linéarité » des paramètres du circuit.*

Le phénomène analogue se produit aussi quand L varie et au contraire n'a pas lieu si L et C étant constantes, R varie ne changeant pas pourtant du signe.

Ce que vient d'être dit donne le fondement pour le calcul à l'aide des méthodes de la Mécanique non linéaire des projets *de nouveaux types des machines électriques,* — des générateurs des oscillations électriques, dont le principe diffère essentiellement du principe classique du fonctionnement des machines électriques usuelles, car ici tout est basé sur l'emploi raisonné *de résonances de « démultiplication »* de fréquence.

4° Enumérons ici quelques résultats obtenus récemment par N. Kryloff et N. Bogoliùboff et concernant *les régimes des oscillations stabilisées.*

A) *Si l'oscillateur en état libre peut avoir des régimes stables, c'est-à-dire si « la droite de résistance »*

30) $$y = r$$

*coupe la courbe*

31) $$y = \frac{B}{f_1(B)},$$

*alors à l'intérieur de l'intervalle*

32) $$\alpha - \frac{Fg}{B_s}\delta < \omega_1 < \alpha + \frac{Fg}{B_s}\delta$$

*(où $B_s$ est la plus grande amplitude stable de l'oscillation propre en état libre) les régimes quasi périodiques (autopériodiques) sont impossibles et les seules régimes stationnaires stables sont hétéropériodiques.*

Il se produit ainsi dans cet intervalle le phénomène (Mitnehmen) de la synchronisation forcée consistant en ce que la fréquence des oscillations propres se synchronise avec la fréquence forcée.

A l'aide du raisonnement mathématique on constate que ce phénomène se produit *quelque petite que soit l'amplitude de la tension extérieure* et à mesure que diminue cette amplitude diminue aussi l'intervalle de la synchronisation.

Ceci justifie dans le cas général (de schéma quelconque et de la caractéristique arbitraire) l'opinion émise autrefois par MM. Andronoff et Witt (v. l'article précité) et vérifiée depuis lors expérimentalement.

B) Les phénomènes analogues ont lieu aussi aux voisinages des résonances supérieures précédemment énumérées.

Dans la supposition que la tension extérieure est de faible amplitude et que la fréquence linéaire $\omega_1$ se trouve dans le voisinage de $\frac{n}{m}\alpha$, MM. N. Kryloff et N. Bogoliùboff ont reçu en appliquant leurs méthodes les résultats suivants.

*Les régimes stationnaires des oscillations stables sont en ce cas possibles et la formule suivante a lieu*

33) $$e = \bar{B}_k \cos\left(\frac{n}{m}\alpha t + \varphi_k\right), \; k = 1, 2, \dots s,$$

où les $\bar{B}_s$ sont respectivement voisines des amplitudes $B_1, B_2, \dots B_s$ des oscillations propres stabilisées que possède l'oscillateur considéré en état libre.

*A l'intérieur de l'intervalle « de synchronisation »*

34) $$\frac{n}{m}\alpha - Z_{n,m}^{(k)} < \omega_1 < \frac{n}{m}\alpha + Z_{n,m}^{(k)},$$

*où*

$$35)\quad Z^{(k)}_{n,m} = \frac{\delta \max\limits_{0<\varphi<2\pi} \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f\left(E_0 + B_k \cos nt + E \cos m\left(t - \frac{\varphi}{n}\right)\right) \sin nt\, dt}{f_1(B)}$$

*l'amplitude* $\tilde{B}_k$ *et la phase* $\varphi_k$ *sont constantes.* En d'autres termes quand la fréquence linéaire varie à l'intérieur de l'intervalle de synchronisation la fréquence de l'oscillation reste fixe et égale à la fraction $n/m$ de la fréquence extérieure.

Quand la fréquence linéaire sort de cet intervalle $\tilde{B}_k$ et $\varphi_k$ deviennent instantanément périodiques de sorte que la fréquence propre « se libère » et les *battements apparaissent.* Ce phénomène de synchronisation forcée (Mitnehmen) au voisinage des résonances de démultiplication, c'est-à-dire au voisinage de $\omega_1 \backsim \frac{n}{m}\alpha$ a été étudié pour les cas spéciaux et de plus pour $n=1$, $m=2$ par MM. Mandelstam et Papalexi (*Uber Resonanzerscheinungen bei Frequenzteilung, Zeitschrift für Physik,* 1931).

Les plus importantes de ces résonances de démultiplication seront ceux qui correspondent à $n=1$, c'est-à-dire

$$\frac{\alpha}{2}, \frac{\alpha}{3}, \dots \frac{\alpha}{m},$$

et pour la largeur de ces zones de résonance MM. N. Kryloff et N. Bogoliùboff ont obtenu l'expression suivante

$$2m\delta \frac{f(_mB_k)}{f_1(B_k)} \frac{E_g}{B_k}$$

qui prouve que *la dite largeur est proportionnelle à* $F_g$ *et au décrément* $\delta$. *Les largeurs des autres zones de résonance (correspondantes à* $n=1$*) se trouvent proportionnelles aux puissances supérieures de* $E_g$.

Le phénomène sera donc d'autant plus *marqué que le décrément* $\delta$ *est plus grand* et c'est sur les systèmes du type de Thomson qu'on s'assure de cette manière que l'*augmentation de l'amortissement est favorable à la démultiplication.* Ceci permet de se rendre compte du fait que les phénomènes de la démultiplication ont été premièrement remarqués sur les systèmes de relaxation, c'est-à-dire sur les systèmes avec un grand amortissement.

Remarquons à ce propos que certains systèmes de relaxation ont été l'objet de profondes recherches de M. Vito Volterra (v. *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la Vie,* Paris, G. Villars, 1931), des investigations ingénieuses déjà citées de M. Balth. van der Pol et de l'important article de M. Ph. Le Corbeiller (Les systèmes auto-entretenus et les oscillations de relaxation. Conférences au Conservatoire National des Arts et Métiers les 6 et 7 mai 1931) où les systèmes de relaxation sont confrontés avec les systèmes des oscillations sinusoïdales.

C) Considérons le cas où la droite de résistance (30) ne coupe pas la courbe (31) mais il suffit d'une petite augmentation $\Delta r$ de la « résistance du couplage » $r$ pour que la droite susdite coupe la courbe (31).

Soit $B_c$ l'amplitude de l'oscillation stable de l'oscillateur en état libre correspondant à $r + \Delta r$.

*Quand une tension extérieure de faible amplitude agit et la fréquence linéaire se trouve au voisinage de* $\alpha/m$, *à savoir :*

$$36)\quad \frac{\alpha}{m} - \delta m \frac{f_m(B_c)}{f_1(B_c)} \frac{F_g}{B_c} > \omega_1 > \frac{\alpha}{m} + \delta m \frac{f_m(B_c)}{f_1(B_c)} \frac{F_g}{B_c};$$

*alors si*

$$F_g \sqrt{1 - \frac{\left(\omega_1 - \frac{\alpha}{m}\right)^2}{Z_m^2}}$$

$$\frac{\frac{1}{\pi}\left|\int_0^{2n} f'(E_0 + B_c \cos t) \cos mt \cos t\, dt\right|}{f_1(B_c)} > \frac{\Delta r}{r}$$

*on peut affirmer l'existence des régimes d'oscillations stabilisées à fréquence* $\alpha/m$ *de la forme*

$$e = \tilde{B} \cos\left(\frac{\alpha}{m} t + \varphi\right)$$

*où* $\tilde{B}, \varphi$ *ne dépendent pas du temps et* $\tilde{B}$ *est voisin de* $B_c$.

On peut constater que dans les intervalles (36), se présentent les conditions exceptionnellement favorables pour l'existence des régimes de démultiplication, car à l'intérieur de ces intervalles peuvent exister les régimes de démultiplication avec certaines valeurs de la résistance de couplage pour lesquelles les dits régimes sont impossibles à l'extérieur des intervalles susdits.

Les phénomènes analogues ont lieu aussi aux voisinages des autres résonances $\omega_1 \backsim \frac{n}{m}\alpha$. Les largeurs des zones correspondantes sont aisément calculables et il se trouve qu'elles sont proportionnelles à des puissances supérieures de $E_g$.

Les résultats précédemment énumérés ont été obtenus par N. Kryloff et N. Bogoliùboff comme des conséquences des formules ci-dessous écrites (en première approximation) et qui présentent les oscillations au voisinage de $\omega_1 \backsim \frac{n}{m}\alpha$ sous la forme

$$37)\quad e = A(\delta t) \cos\left\{\frac{n}{m}\alpha t + \varphi(\delta t)\right\}$$

où $A(t)$ et $\varphi(t)$ vérifient les équations différentielles suivantes

$$38)\qquad \frac{dA}{dt} = \Upsilon F(A,\varphi) - A,$$

$$A\frac{d\varphi}{dt}\,\frac{\omega - \frac{n}{m}\alpha}{\delta}A - r\Phi(A,\varphi)$$

ici on a posé pour abréger

$$F(A,\varphi) = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(E_0 + A\cos nt + Fg\cos m(t-\varphi/n))\cos nt\,dt,$$

$$\Phi(A,\varphi) = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(E_0 + A\cos nt + Fg\cos m(t-\varphi/n)\sin nt\,di.$$

A l'aide de ces formules on peut entreprendre l'étude détaillée de différents régimes transitoires, ainsi que l'étude de l'amplitude de l'oscillation en fonction de $E_g$ dans les différentes zones de résonance.

Pour la brièveté de l'exposition dans ce qui précède a été admise l'existence d'une seule fréquence linéaire, or ceci ne présente nullement une restriction essentielle et les méthodes des auteurs de cet article s'adaptent aussi au traitement des cas où pour l'oscillateur, même en état libre, les régimes quasi périodiques peuvent intervenir.

De même par les méthodes susdites N. Kryloff et N. Bogoliùboff ont étudié[1] l'influence du courant de la grille dans le problème de la stabilisation « paramétrique » de la fréquence propre, etc. Faute de place tous ces résultats n'ont pas été énumérés dans cet article dont le but principal était d'attirer l'attention des chercheurs sur les fondements de la « Mécanique non linéaire » dans leurs applications à la radiotechnique.

Les résultats obtenus par les méthodes utilisées dans cet article peuvent quelquefois, ce nous semble, devancer même les résultats expérimentaux de laboratoire et par cela peuvent aussi contribuer à l'orientation des recherches et guider quelquefois les expériences elles-mêmes.

Pour conclure remarquons que les méthodes de la « Mécanique non linéaire » en attirant l'attention sur certains phénomènes de discontinuité peuvent être de toute utilité, les auteurs en sont persuadés, dans le domaine de la « Mécanique quantique ».

**Professeur Docteur Nicolas Kryloff**
**et Docteur Nicolas Bogoliùboff.**

1. L'application de ces méthodes à l'étude de la stabilité longitudinale des aéroplanes a fait l'objet d'une monographie (actuellement sous presse) des auteurs de cet article.

# LE DÉCLIN DU SUCRE DE BETTERAVES

A la veille de la guerre, la production mondiale de sucre était, en chiffres ronds, de 20 millions de tonnes métriques dont 9 de sucre de Betteraves; en 1930, la Canne a fourni, à elle seule, plus de 19 millions de tonnes, la Betterave, la moitié environ (8,24 pour l'Europe, 1,06 pour l'Amérique).

Ces chiffres se passent de commentaire. A la faveur de la guerre, le sucre de Canne a pris, de loin, la première place; non seulement le sucre de Betterave ne saurait la lui ravir, mais il lui est de plus en plus difficile de maintenir ses positions.

Pourquoi cette déchéance alors qu'on n'a cessé d'améliorer la Betterave? La réponse est simple : la culture de la Canne à sucre est moins onéreuse, à tous égards, que celle de la Betterave, et les rendements sont meilleurs. Tant que les variétés de Cannes ont laissé à désirer, l'industrie betteravière a pu se défendre; vers 1900, stimulée par les primes, elle l'emportait même sur sa rivale, alignant près de 7 millions de tonnes, contre 6. Les choses changèrent d'aspect dès que les planteurs des Iles se mirent à sélectionner la Canne d'après les méthodes modernes. Sur un matériel encore rustique, les progrès furent rapides et tout en maintenant une richesse élevée, on augmenta dans une large mesure le poids des récoltes. A toutes ses autres prérogatives, l'industrie du sucre de Canne joint donc désormais la supériorité du rendement en sucre à l'hectare. La lutte, dans ces conditions, est plus inégale que jamais.

Devant ces sombres perspectives, les plus clairvoyants parmi les chefs de l'industrie betteravière ne cachent pas leur inquiétude. Sans doute, la culture de la Betterave à sucre paraît être une des nécessités de l'économie européenne; mais ce qui est vrai pour les pays de l'Europe centrale ne l'est déjà plus autant pour la France, encore moins pour l'Angleterre.

Il n'est donc pas absolument sûr que le sucre de Betterave puisse compter partout et toujours sur une protection efficace. La culture du froment n'est-elle pas, elle aussi, de première nécessité pour un peuple? Or, fortement protégé en France, le blé ne l'est pas du tout chez nos voisins Bel-

ges. En tout état de cause, il ne manquera jamais d'esprits superficiels pour proclamer qu'on ne lutte pas contre le soleil, que la Canne à sucre doit fatalement l'emporter sur la Betterave comme le coton l'a fait sur le chanvre et le lin, les oléagineux des tropiques sur ceux des régions tempérées. Du moment qu'il s'agit d'un profit immédiat, la masse des hommes n'a cure de l'avenir; n'est-ce pas ainsi que le second Empire s'est converti au libre-échangisme, sacrifiant, pour quelques années de vie facile, nombre des produits de notre sol, la soie, la laine, le lin.

On apprend à ses dépens ce qu'il en coûte de s'être abandonné de la sorte. L'ère où toutes les ressources du globe seront équitablement réparties entre les peuples par les soins d'une cour mondiale est pour l'instant chimérique. En attendant, les pays européens producteurs de sucre feront bien de prendre garde. Ni les planteurs de Betteraves, ni les fabricants de sucre ne sont d'ailleurs disposés à abandonner la partie sans combat.

L'un des plus éminents parmi les chefs de l'industrie sucrière, M. Julien Bergé, Directeur Général de la Raffinerie Tirlemontoise, Président de l'Institut Belge de Recherches Betteravières n'a cessé, depuis plusieurs années, de multiplier les avertissements et de faire entendre quelques vérités dont voici la substance. Les progrès de l'industrie sucrière exotique sont évidents, et nos tarifs protecteurs, en augmentation croissante, constituent des remèdes bien précaires; en fin de compte, la production la plus avantageuse finira par l'emporter. Il faut donc, à tout prix, regagner le terrain perdu. De la technique industrielle on ne peut guère attendre de progrès notables dans un avenir prochain; il en va autrement, semble-t-il, de la culture de la Betterave. C'est en améliorant nos variétés culturales que nous avions pris jadis un peu d'avance, notre infériorité actuelle tient à la sélection rapide de la Canne à sucre au cours de ces dernières années. A notre tour de faire un nouvel effort dans le même sens, afin d'obtenir plus de sucre à l'hectare. Pour cela, deux voies s'offrent à nous, augmenter le poids des récoltes en maintenant la richesse actuelle de la Betterave, ou augmenter la richesse en maintenant le poids.

Dans les deux cas, la difficulté est considérable, il serait puéril de le dissimuler; la Betterave à sucre n'est plus une plante neuve, certaines de nos variétés ont derrière elles un demi-siècle de sélection. Qui sait même si nous n'approchons pas désormais du rendement maximum?

Des progrès certains pourraient être réalisés du fait d'une collaboration plus étroite entre les diverses branches de la production, sélection, culture, fabrication. Il faudrait que tout fût orienté en vue du rendement en sucre à l'hectare.

On devrait être fixé depuis longtemps sur une foule de points dont on discute encore : questions d'engrais, dispositifs culturaux les plus avantageux, lutte contre les maladies et les ennemis de la Betterave, qualité des graines suivant leur taille, leur précocité, traitements capables d'accélérer la germination, importance des semis hâtifs, moyens d'empêcher la montée en première année, raisons des écarts de richesse saccharine entre la maison de graines et la grande culture.

Il se fait chaque année, sur ces questions, d'innombrables expériences de tous les côtés. Comment leurs répercussions sont-elles si limitées? Cela tient, pour une large part, à la dispersion des efforts et au manque d'unité dans les méthodes de travail. C'est pour combler cette lacune qu'un grand nombre de professionnels de l'industrie sucrière et de savants spécialisés dans l'étude de la Betterave ont répondu, de tous les pays d'Europe, à l'appel de M. Julien Bergé, les invitant à étudier en commun les moyens techniques de lutter efficacement contre l'envahissement du sucre de Canne.

N'eût-elle d'autre résultat que de favoriser les échanges de vue, d'éviter les doubles emplois, les pertes de temps, cette collaboration ne serait pas stérile. Mais on est en droit d'en attendre davantage, il suffit, pour s'en convaincre, de parcourir les comptes rendus des deux premières Assemblées qui se sont tenues à Bruxelles, en octobre 1931 et en janvier 1932.

C'est à Java que le rendement en sucre à l'hectare est le plus élevé; la sélection de la Canne y a été particulièrement poussée et a donné des résultats prodigieux, bien meilleurs que partout ailleurs, à Cuba notamment. Or, il se trouve qu'à Java toutes les recherches, génétiques, agronomiques, statistiques et autres en vue de l'accroissement de la production, sont entre les mains d'un puissant organisme central, tandis que la culture et la fabrication dépendent des mêmes sociétés.

Le manque de cohésion est, pour l'industrie betteravière européenne, une cause évidente d'infériorité. Dans l'impossibilité d'y remédier radicalement, que tous ceux qui vivent de la Betterave sachent du moins s'imposer les sacrifices indispensables pour opposer un front unique à la redoutable concurrence de la Canne à sucre.

*
**

Reste le problème essentiel, d'ordre scientifique celui-ci. Nos variétés actuelles de Betteraves

sont-elles susceptibles d'être encore améliorées? Voilà des années que nous les surveillons, principalement en vue de la richesse saccharine; les résultats acquis sont évidents [1], le tout est de savoir où nous en sommes désormais, si nous progressons encore ou si nous piétinons sur place.

Au dire de certains, nous ne cessons d'aller de l'avant, les statistiques le prouvent, telle la suivante dressée par le Président de l'Association des Sucreries corporatives néerlandaises, M. W. H. de Vos, et divulguée au XV[e] Congrès international d'Agriculture (Prague 1931).

*Rendements en sucre, raffiné en tonnes, par hectare de 1920 à 1930.*

| | 1920/1923 | 1924/1927 | 1928/1930 |
|---|---|---|---|
| Allemagne | 3,47 | 3,90 | 4,31 |
| Belgique | 4,09 | 3,89 | 4,19 |
| France | 3,02 | 3,20 | 3,65 |
| Italie | 3,29 | 2,87 | 3,28 |
| Hollande | 4,02 | 4,05 | 4,89 |
| Pologne | 2,33 | 2,73 | 3,29 |
| Tchécoslovaquie | 3,57 | 4,11 | 4,11 |
| Moyenne des 7 pays | 3,38 | 3,60 | 3,92 |
| Etats-Unis | 2,83 | 3,09 | 3,41 |

Il est intéressant de rapprocher de cette statistique de grande culture les données communiquées par le professeur E. Zaleski, génétiste de la maison Buszerynski, au XIII[e] Congrès international d'Agriculture (Rome 1927), sur « l'augmentation spécifique de la richesse et de la productivité de la Betterave à sucre depuis le commencement du xx[e] siècle ». Il s'agit, cette fois, d'expériences restreintes à des variétés d'élite. De 1904 à 1926, les variétés en question ont gagné environ deux points de richesse; par contre, dans ce même intervalle de temps, le poids des récoltes a nettement diminué, surtout de 1904 à 1910, ce qui fait que la production de sucre n'a que peu augmenté.

Ces résultats ne sont pas nécessairement en contradiction avec les précédents. La grande culture, à bien des égards, ne suit que de loin le jardin d'essais. Ici, tout est au point, le choix des semences, les façons culturales, le dosage des engrais. En culture, la marge des progrès est beaucoup plus considérable, et l'accroissement de la productivité peut avoir d'autres causes que l'amélioration de la Betterave.

1. Au début de l'industrie sucrière, la teneur en sucre des racines n'était guère supérieure à 7 %. Le tableau ci-contre donne une idée de la progression de richesse, en Allemagne, à partir de 1838.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1838 | 8,8 | 1878 | 11,7 |
| 1848 | 9,8 | 1888 | 13,7 |
| 1858 | 10,1 | 1898 | 15,7 |
| 1868 | 10,1 | | |

Les essais de E. Zaleski ont porté sur des variétés commerciales, donc sur des graines hybrides, obtenues par le croisement de lignées préalablement purifiées. Si l'on examine les lignées ellesmêmes quant à leur potentiel d'amélioration, on constate entre elles de grandes différences. La plupart, au bout de cinq ou six générations, cessent de progresser; un petit nombre seulement font exception. D'ailleurs, d'une plante aussi allogame que la Betterave, on ne peut pas attendre de progrès continus en l'absence de croisements judicieux.

Une autre statistique originale a été établie par J. Soucek, de l'Institut Sucrier de Prague (XV[e] Congrès international d'Agriculture, Prague, 1931) pour les deux décades 1904-1913 et 1920-1929. De l'une à l'autre, la richesse saccharine a augmenté de 0,8 environ et le poids de sucre par racine a gagné 11 gr.; autrement dit, l'industrie traite désormais une Betterave plus grosse et plus riche qu'il y a vingt ans.

Il serait téméraire de rapporter ces résultats à la seule amélioration de la Betterave; d'autres facteurs ont joué certainement, en particulier le choix des variétés. On remarque, ces derniers temps, dans les régions betteravières de l'Europe centrale, une augmentation notable du poids du bouquet foliaire par rapport à celui de la souche; on veut une Betterave plus grosse pour obtenir plus de sucre à l'hectare. En Belgique et en France, au contraire, et d'une façon générale sous les climats maritimes, on doit lutter contre le développement exagéré des feuilles. Il y a là deux orientations, deux voies, imposées par les conditions climatiques; le but est le même, l'augmentation de la productivité. On sait de reste qu'en pays de continent, toutes choses égales, la Betterave est plus petite, le bouquet foliaire moins important, la richesse saccharine plus grande, la maturation plus facile.

Le tableau ci-dessous traduit ces faits et ces préoccupations. Il a été dressé par J. Soucek d'après les analyses des Instituts Sucriers pour les mois d'août et de septembre. Les gains sont calculés par rapport à la décade d'avant-guerre :

| | Feuilles | Souches | Richesse | Sucre par racine |
|---|---|---|---|---|
| Tchécoslovaquie. | 56 gr. | 63 gr. | 0,7 % | 14 gr. |
| Allemagne | 65 | 34 | 0,8 | 9 |
| France | 13 | 40 | 1 | 11 |

Il faudrait beaucoup d'autres statistiques comme celles-là; une infinité de données s'accumulent chaque année dans les archives des entreprises particulières; faute d'être divulguées et discutées, elles sont perdues pour la cause commune.

On ne doit pas se dissimuler, d'ailleurs, la difficulté de ces repérages. Des années de recensements sont nécessaires pour qu'apparaisse, d'une période à une autre, en dépit des perturbations dues au climat, l'influence de tel facteur qui est entre nos mains.

Quant à choisir un étalon, ce n'est pas possible en toute rigueur. On ne peut conserver longtemps un lot de graines de Betteraves, ni même un porte-graines. Tout au plus peut-on relier les unes aux autres, tant bien que mal, les lignées qui servent de termes de comparaison.

Si précieuses soient-elles, les statistiques ne suffiront jamais à faire le point, car les progrès réalisés ne prouvent pas nécessairement que l'on puisse avancer encore. Il y a heureusement d'autres raisons de ne point désespérer de la Betterave. On peut alléguer, en premier lieu, les différences considérables de productivité d'une année à l'autre sur des terres qui se valent, ou d'une station betteravière à une autre au cours de la même année. Cela porte à croire que divers facteurs interviennent dont nous pourrions sans doute disposer à notre gré si nous les connaissions mieux. Il faut bien dire, toutefois, que ces oscillations dans les récoltes ne sont pas spéciales à la Betterave.

On fera les mêmes réserves relativement aux divergences que l'on relève entre les Betteraves d'une même parcelle. Les unes sont régulières, les autres difformes, il y en a de grosses et de petites, de chétives et de vigoureuses, de plus riches et de moins riches; la vascularisation est plus ou moins serrée, la chair plus ou moins compacte, le suc sourd ou non sur la coupe, il fonce ou reste incolore. Même diversité dans l'aspect du feuillage, l'importance du bouquet foliaire, le développement relatif du collet, des pétioles, des limbes, l'étendue des surfaces assimilatrices. Il semble bien que le manque d'homogénéité soit plus flagrant pour la Betterave que pour d'autres plantes-racines, la Chicorée à café, par exemple.

Ces différences sont-elles primitives, inscrites dans le germe, ou purement accidentelles? Il n'est pas toujours facile de faire le départ entre hérédité et fluctuation. Vraisemblablement, la purification de nos lignées de Betteraves peut être poussée plus loin qu'elle ne l'est, il suffit d'y mettre le temps et de renforcer la rigueur du séquestre. Mais il y a des bornes, la Betterave s'affaiblit par autogamie prolongée, et dès qu'on pratique un croisement pour lui rendre de la vigueur, on voit s'amplifier les oscillations individuelles.

Les lois de l'absorption de l'aliment, telles que les a ébauchées Mitscherlich paraissent bien démontrer, elles aussi, que le rendement de la Betterave à sucre est très en deçà du maximum théorique qu'il peut atteindre. Nous avons encore beaucoup à apprendre quant aux dosages de matières fertilisantes qui favorisent davantage, dans des conditions déterminées, la récolte de sucre. Pour ce qui est de l'apport d'engrais, le cultivateur est forcément limité par les prix; à mesure que la productivité s'élève, tout nouveau progrès devient plus onéreux, c'est le plus élémentaire des principes de l'absorption.

Relativement à la richesse saccharine, la marge reste considérable, surtout en France et en Belgique; mais comment fixer la teneur en sucre qu'on ne saurait dépasser? La limite paraît être imposée par l'élévation de la pression intérieure.

Certaines plantes réagissent contre l'excès de tension consécutif à l'accumulation des sucres en insolubilisant ceux-ci à l'état d'amidon; l'exemple du Radis rose étudié par M. Molliard est classique à cet égard. Or, il arrive qu'à la faveur de circonstances exceptionnelles, sous les climats continentaux, la racine de Betterave renferme de l'amidon en quantité appréciable. Ce fut le cas, à ce que rapportent les auteurs, pour les Betteraves des environs de Prague, en 1908, année de grande sécheresse. D'après les analyses, ces racines amylacées avaient une richesse variant de 21 à 26; serait-ce la limite extrême? Nous en sommes loin cette année, avec nos Betteraves à 15 % de sucre. Presque partout, en vue d'augmenter le sucre à l'hectare, on a remplacé les variétés riches, mais petites, par des Betteraves plus grosses; or, il y a toujours un certain antagonisme, chez les plantes-racines, entre la taille et la richesse.



D'après les considérations qui précèdent, il n'est donc pas téméraire de penser que la Betterave à sucre peut être encore améliorée dans une large mesure. Mais comment s'y prendre?

Sur l'orientation à donner à la sélection, tout le monde est à peu près d'accord; sauf lorsque les transports sont particulièrement onéreux, le moyen le plus sûr d'abaisser le prix de revient du sucre paraît être d'augmenter le poids des récoltes, en maintenant à son niveau actuel la teneur en sucre de la Betterave.

La difficulté est d'associer la taille et la richesse. Le choix impitoyable des Betteraves les plus riches conduit presque fatalement aux plus petites. Malgré tout, la teneur en sucre n'est pas absolument liée aux dimensions de la racine; dans un lot de Betteraves de même grosseur, il en est de plus riches et de moins riches; la sélection trouve donc à s'exercer.

Nous sommes, malheureusement, très mal documentés sur les relations qui peuvent exister, dans la Betterave, entre la richesse saccharine et telle ou telle particularité, chimique, anatomique ou autre. Il n'est pas démontré que, parmi les Betteraves de même taille, issues d'une même lignée, la plus riche possède au plus haut degré tous les attributs favorables à la teneur en sucre : symétrie parfaite, vascularisation serrée, faible minéralisation, et le reste que nous ignorons.

Malgré ses lenteurs, la sélection, sur des bases de plus en plus rigoureuses, reste entre nos mains l'instrument de progrès le plus efficace. Il n'est pas interdit pour autant de songer à autre chose, et tout d'abord à des croisements inédits qui introduiraient, dans nos variétés actuelles, des éléments neufs.

Mais où trouver ces gènes nouveaux? Dans les autres Betteraves de culture, demi-sucrières ou fourragères, dans les espèces spontanées? Celles-ci demanderaient à être mieux connues. La plus commune est *Beta maritima*, assez polymorphe, d'ailleurs, suivant l'habitat. Par sa vascularisation serrée, sa teneur en sucre, la consistance de sa chair, elle est certainement plus proche de nos sucrières que des fourragères; mais c'est une plante sauvage, à feuillage énorme, à racine petite, irrégulière, sujette à monter dès la première année. On n'y découvre rien, à première vue, qui soit de nature à parfaire nos variétés de culture, bien au contraire [1]. Quant aux Betteraves à fourrage, c'est la taille seule de leurs racines qui attire l'attention; malheureusement, le poids n'est pas un de ces caractères qui se laisse porter d'un type sur un autre, suivant le processus mendélien. Dans l'ensemble, sans préjudice de différences individuelles plus ou moins considérables, ces énormes racines n'ont guère que 6 ou 7 de sucre %, elles sont riches en cendres par contre, lâchement vascularisées, leur pulpe est très aqueuse, partant peu résistante à la gelée et à l'asphyxie. Autant de tares dont la sélection tend, depuis des années, à débarrasser les Betteraves sucrières.

Il semblerait donc qu'il n'y eût pas grand'chose à attendre de ces hybridations, sauf peut-être pour ce qui est de l'immunité à l'égard de certaines maladies, de la précocité, etc. Elles s'imposent néanmoins, ne serait-ce que pour faire apparaître les relations entre la richesse saccharine et les autres caractères, morphologiques ou chimiques. Le fait que les traits essentiels de la sucrière dominent assez nettement, dans les hybrides, ceux de la fourragère, n'est pas pour décourager. Est-il sûr qu'avant de procéder aux innombrables croisements dont on sait les merveilleux résultats, les techniciens de la Canne à sucre, à Java ou à Honolulu, aient exactement repéré tel ou tel gêne et décidé de le porter de cette plante-ci sur celle-là? Avons-nous toujours des intentions aussi précises quand nous croisons deux lignées en vue de leur conférer un regain de vigueur? Or, il arrive que le résultat dépasse nos prévisions. La mobilité des plantes est grande, entre certaines limites, et nous savons peu de chose des lois de l'hérédité. C'est assez dire que rien ne nous dispense d'expérimenter, fût-ce un peu au hasard parfois.

Avec la sélection, le croisement entre lignées d'élite est une des grandes ressources des producteurs de graines. Tous vantent les « lignées pures » qui sont à la base de leur graine commerciale. Il s'agit évidemment de plantes d'une même famille, ayant en commun un ou plusieurs caractères.

Jusqu'où convient-il de pousser l'épuration de ces lignées avant de les croiser entre elles? Aussi loin que possible, répond certaine école. A condition, rectifient d'autres généticiens, que la vigueur de la lignée ne s'en trouve pas diminuée. Telle, qui est l'orgueil d'une maison de graines, n'a jamais été bien longtemps séquestrée, mais fréquemment ragaillardie par des croisements opportuns. De toute façon, ces procédés méthodiques n'excluent pas les tentatives un peu téméraires. L'apparition fortuite de types nouveaux n'a pas cessé de jouer un grand rôle dans l'amélioration des plantes; or, la plupart du temps, ces soi-disant mutations sont la conséquence d'hybridations accidentelles.

Les archives des grands sélectionneurs doivent posséder sur ces sujets une documentation instructive, tenue secrète malheureusement. Il est à supposer que bien des croisements ont été effectués jadis entre les Betteraves extra-riches, mais petites, de l'Europe centrale et les variétés plus robustes, mais moins riches, des régions de l'Ouest.

Une des principales raisons de l'insuffisance de nos rendements est la brièveté de la période de végétation de la Betterave. Pour peu que le mauvais temps retarde les semis; que l'été soit sec et l'automne pluvieux, la récolte laisse à désirer quant au poids ou à la qualité. Le remède, à défaut du repiquage qui, essayé à diverses reprises, ne s'est jamais généralisé, serait une Bet-

1. On peut en dire autant de la plupart des autres espèces spontanées : *Beta trigyna* dont la germination est lente sous le climat parisien et qui se croise assez difficilement avec nos Betteraves cultivées, *B. patellaris*, commune dans la région d'Agadir, *B. procumbens* et *Webbiana*, spéciales aux Canaries, etc., *Beta cicla*, ancètre possible de la Bette ou Poirée, serait peut-être plus intéressante en raison de sa vascularisation très serrée.

terave semée d'automne, mais supporterait-elle les rigueurs de l'hiver? Des essais effectués à cet égard, en Hongrie, grâce à l'initiative du professeur Nemeth, on peut conclure qu'il n'est pas impossible de sélectionner la Betterave à sucre sous le rapport de la résistance au froid, la difficulté tient plutôt à la débâcle consécutive au dégel et surtout à la montée en graines.

Quoi qu'il advienne de la Betterave d'Automne — *Beta hivernalis* comme l'appellent certains! — le froid est un facteur de sélection qu'on aurait tort de négliger. La Betterave est une plante frileuse à ses débuts, beaucoup plus délicate que le Blé; les semis d'octobre, sous le ciel de Paris, dépassent à peine le stade cotylédonnaire. Les Betteraves capables d'hiverner donneraient-elles une graine de meilleur aloi, germant plus facilement?

La montée à graines en première année est l'un des points dont on se préoccupe davantage et non seulement au sujet de la Betterave d'automne. Le déterminisme du phénomène reste assez obscur; le milieu intervient, ce n'est pas douteux, mais il y a autre chose qui dépend de la graine; dès lors, il ne doit pas être impossible d'isoler des lignées moins affectées par le fléau de la montée. Certains sélectionneurs auraient obtenu dans cette voie des résultats encourageants.

La plupart de ces questions ont été soulevées aux premières Conférences internationales en vue de l'amélioration de la Betterave. Beaucoup d'autres seraient à étudier systématiquement.

Les graines de Betteraves gagneraient à être examinées de plus près quant à leurs divers caractères : grosseur de l'amande, dureté et pouvoir d'imbibition des enveloppes, vitesse de germination, constitution et chimisme des jeunes plantes. Il serait surprenant que la sélection ne trouvât pas là matière à s'exercer.

Le taux des cendres a beaucoup diminué, depuis un demi-siècle, dans la souche des Betteraves à sucre; en les sélectionnant pour la richesse, on a automatiquement éliminé une partie des cendres. Nos variétés actuelles ne renferment plus guère que 3 de cendres carbonatées pour 100 de matière sèche. Résultat de premier ordre, bien conforme à l'une des lois les mieux établies de la physiologie végétale. Il y a antagonisme manifeste, dans les plantes, entre les cendres et les sucres solubles, comme si la tension intracellulaire ne pouvait dépasser une certaine limite. Est-il impossible d'abaisser encore, au profit de la richesse, le taux de minéralisation de nos Betteraves? Il est à craindre que le minimum ne soit pas loin d'être atteint, mais en matière de pression osmotique, une partie de chlorure de potassium suffit à compenser dix parties de saccharose. Au point où nous en sommes, il y aurait intérêt à s'assurer directement de la teneur en cendres des Betteraves riches et de retenir, à égalité de richesse, les souches les plus minéralisées; en perdant des cendres, elles pourraient encore gagner du sucre. Cela revient à rechercher les racines les mieux adaptées aux fortes pressions internes. D'aucuns pensent arriver plus rapidement au même résultat en soumettant les graines à l'épreuve de la germination en milieu concentré. Reste à savoir si les traits de l'adulte sont à ce point gravés dans le germe.

Réunir dans une même Betterave le poids et la richesse, tel est le mot d'ordre, c'était celui de Dehérain, il y a trois quarts de siècle : « des Betteraves d'un kilo à 20 % de sucre ». Nous n'en sommes pas là, tant s'en faut; la sélection polarimétrique, qui élève rapidement la teneur en sucre, ne mène pas aussi sûrement au rendement maximum. Le poids sera toujours, dans une certaine mesure, l'adversaire de la richesse, il s'agit de trouver entre les deux le compromis le plus avantageux.

*
**

Il y a pléthore de sucre dans le monde : en 1931, près du dixième de la production mondiale est resté pour compte.

La consommation est le seul débouché jusqu'alors, quelque effort qu'on ait fait pour en trouver d'autres. Or, la moyenne est actuellement, pour l'univers entier, de 14 kilos de sucre raffiné par an et par habitant. On ne peut guère escompter mieux dans un avenir immédiat; sans doute, l'Europe n'en est-elle encore qu'à 18 kilos, l'Asie à 7 et l'Afrique à 5, mais les gros mangeurs de sucre, Américains et Australiens, ces derniers surtout, approchent de 40.

Et d'ailleurs, que peut espérer la sucrerie européenne de l'accroissement éventuel de la consommation mondiale, si ses prix de revient lui ferment les marchés extérieurs? Or, tout nouvel avantage du sucre de Canne rend plus précaires d'autant les positions de la Betterave.

Pour le moment, devant l'imminence du danger, force est de s'entendre, la concurrence ne ferait qu'avilir les prix, au détriment de tous; d'où les restrictions librement consenties (plan Chadbourne). Mais qu'adviendrait-il le jour où les puissants seigneurs de Java et de Cuba se ligueraient contre la sucrerie de Betterave?

**H. Colin.**

# BIBLIOGRAPHIE

## ANALYSES ET INDEX

### 1° Sciences mathématiques.

**Wavre** (R.). — **Figures planétaires et géodésie.** *Fascicule XII des* Cahiers scientifiques, de M. Julia. — *1 vol. in-8° raisin de 194 pages.( Prix : broché, 55 fr.) Gauthier-Villars et Cie, éditeurs. Paris*, 1932.

Parmi tous les problèmes d'équilibre que se pose la physique classique, le plus attachant pour le mathématicien est celui de la figure des planètes.

Ce qui caractérise en effet la catégorie des problèmes en question est l'influence si mystérieuse qu'exerce la forme du domaine à l'intérieur duquel on opère.

En général, ce domaine est donné, mais dans l'étude d'équilibre d'un fluide en rotation, c'est lui qui constitue l'inconnue à déterminer.

Si le sujet n'a pas provoqué le même nombre de travaux, ni accompli les mêmes progrès que par exemple le problème de Dirichlet, c'est que la même raison qui rend le problème attachant le rend aussi presque inaccessible aux méthodes classiques de calcul.

Le problème en question évoque avant tout le nom de Poincaré qui y a utilisé le calcul fonctionnel. Comme il est naturel, l'intervention du calcul fonctionnel et les nouveaux moyens d'action qu'il a créés ont permis à M. Wavre de s'attaquer à des problèmes singulièrement compliqués.

Le livre dont il s'agit n'est pas une œuvre encyclopédique sur cette vaste question, mais c'est l'exposé de recherches personnelles de l'auteur qui a évité tout ce qui pourrait faire double emploi avec le *Traité de Tisserand*, les *Figures d'équilibre de Poincaré*, ou le *IVe volume du Traité de mécanique rationnelle d'Appel.*

Malgré tout, la présente publication donnera sur le sujet une vue assez pleine car par une méthode nouvelle dite « procédés uniformes » M. Wavre parvient à retrouver en les sériant, les principaux résultats classiques, tout en poussant plus loin qu'on l'a fait jusqu'à ce jour, l'élaboration théorique du problème et sa résolution pratique.

Le procédé permet, en effet, dans le domaine des figures planétaires et de la géodésie supérieure, de poursuivre les approximations aussi loin qu'on le souhaite. Les formules à l'usage de la géodésie déduites de la seconde approximation concilient l'hypothèse de la fluidité du globe terrestre avec les mesures les plus récentes de l'aplatissement terrestre, de la pesanteur et de la précession générale.

Trois notes ont été consacrées à la fin du volume aux hypothèses géologiques de Marcel Bertrand et de Wegener.

Une certaine indépendance a été maintenue entre les différents chapitres de manière que mathématiciens, astronomes, géodésiens et géologues puissent détacher de l'ensemble les chapitres pouvant les intéresser spécialement.

Les méthodes de M. Wavre, outre les résultats qu'elles lui ont donnés, et qui sont consignés dans ce volume sont susceptibles d'être poursuivies dans un grand nombre de directions.

C'est pourquoi cette œuvre prendra une place éminente dans la bibliothèque de nos savants.

L. Potin.

***

**Rocard** (Y.). — **L'hydrodynamique et la théorie cinétique des gaz.** — *1 vol. in-8° de 160 p. (Prix : broché, 40 francs). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1932.

Les chapitres de ce volume ont formé la matière de 10 conférences faites en 1929 à l'Institut de Mécanique des fluides à la Sorbonne.

Les leçons sur la théorie des gaz de Boltzmann sont aujourd'hui un peu anciennes, et quelques autres livres ne sont pas d'une lecture toujours très sûre, les résultats exacts ou controuvés s'y trouvant parfois un peu mêlés.

L'ouvrage que voici doit donc pouvoir rendre certainement de grands services à ceux qui s'intéressent aux théories hydrodynamiques.

L'auteur cherche ici à baser tout l'exposé sur la connaissance d'une fonction de distribution des vitesses; cette marche assure la rigueur des raisonnements, et rattache la théorie aux recherches de Lorents et de Brillouin.

Après avoir donné d'abondants développements sur l'établissement des équations de l'hydrodynamique, M. Rocard expose les recherches relatives à la détermination des vitesses des molécules d'un fluide en mouvement.

On sait comment déjà Maxwell a traité le problème. L'auteur se sert ici des méthodes d'Enckog et de Chapman et parvient ainsi pour les gaz parfaits à des équations identiques à celles de l'hydrodynamique classique avec une valeur explicite du coefficient de viscosité.

Des développements spéciaux sont destinés à élucider le cas des gaz comprimés puis des gaz raréfiés. Dans ce dernier cas on est amené à reconnaître les raisons pour lesquelles le théorème de Lagrange ne s'applique plus à ces milieux. Dans le premier cas l'auteur expose une méthode uniforme qui donne simultanément l'expression de l'équation de l'état du gaz et celle de son coefficient de viscosité ainsi que ses variations.

Un exposé particulièrement intéressant concerne la discussion des conditions aux limites dans les mouvements des fluides : s'il s'agit de fluides parfaits la condition de glissement sur les parois suffit souvent à déterminer le problème; mais quelles sont

les conditions aux limites nécessaires pour les fluides visqueux? Pour répondre à cette question il faudrait connaître l'ordre de grandeur de la vitesse relative à la paroi, du gradient de cette vitesse et la façon dont varient ces quantités avec le temps.

La loi de Chapman ne saurait sans doute convenir à tous les cas; M. Rocard montre que les propriétés attribuées à la paroi nécessitent au voisinage de celle-ci que le milieu cesse de satisfaire à la définition même du fluide.

Bien d'autres questions importantes sont examinées au cours de cet ouvrage. Ce qui précède montre que de nouveaux efforts demeurent nécessaires, mais le livre de M. Rocard contribuera beaucoup aux progrès espérés. L. P.

***

**Michel** (Ch.), *Professeur au Lycée Saint-Louis.* — **Compléments de Géométrie moderne.** — 1 *vol. de* 320 *p. Vuibert, éditeur, Paris,* 1932 (*Prix, broché :* 32 *francs*).

Beaucoup de jeunes gens préparant leur baccalauréat ont vraisemblablement lu les *Exercices de Géométrie* de M. Caronnet; mais sûrement, la plupart des taupins de France ont étudié les *Exercices de Géométrie moderne* de M. Papelier. M. Michel vient d'apporter un intéressant complément à ces derniers exercices en publiant le présent volume.

L'auteur a donc pu supposer connus les principes de géométrie moderne relatifs à l'infini, l'homographie et l'involution, les généralités les plus simples sur les courbes et surfaces algébriques, les propriétés générales des coniques et des quadriques, et notamment la transformation par polaires réciproques, les théorèmes de Chasles et de Desargues.

Prenant son point de départ dans ces faits fondamentaux, et accordant au calcul sa part inévitable, M. Michel expose sous une forme géométrique de nombreux résultats concernant les coniques, la transformation quadratique, les cubiques et notamment les cubiques à points doubles, les réseaux linéaires de conique et de quadriques; les involutions binaires, ternaires et quaternaires; les cubiques gauches, le complexe tétraédral, les surfaces de Steiner, les surfaces réglées du troisième ordre, le cylindroïde, les surfaces réglées de troisième ordre dites de Cayley.

L'auteur a terminé son volume par deux notes sur le quadrilatère harmonique, sur les cercles et les sphères.

Tous ceux qui aiment la géométrie liront ce volume qui sera particulièrement profitable aux élèves de Mathématiques spéciales, aux candidats à la licence et à l'agrégation. L. P.

## 2° Sciences physiques

**Faraday's Diary** (Le Journal de Faraday). — *Vol.* I *et* II, 450 *p. chacun. Bell and Sons, éd., Londres.* (*Prix de l'ouvrage complet en* 7 *volumes :* 12 *guinées.*)

A l'occasion du centenaire de la découverte de l'induction électromagnétique par Faraday, la Royal Institution de Grande-Bretagne a décidé d'imprimer pour la première fois et de publier le fameux *Journal d'expériences de Faraday*, demeuré en sa possession sous forme de manuscrit. La publication est faite sous la direction scientifique de M. Thomas Martin et comporte sept volumes formant un ensemble de 3.000 pages environ, muni d'un index et d'une table des matières. Les deux premiers volumes, qui viennent de paraître, seront suivis assez rapidement de volumes nouveaux, et on espère que dans un délai de deux ans au plus la publication sera achevée. L'édition est faite à 750 exemplaires, et on peut souscrire dès à présent à l'ensemble de l'ouvrage pour le prix de 12 guinées.

Les deux premiers volumes du *Journal de Faraday* vont, l'un de septembre 1820 à juin 1832, l'autre d'août 1832 à février 1836. Ils sont munis tous deux d'une intéressante préface de Sir William Bragg, qui met bien en évidence l'intérêt exceptionnel de cette publication. Les cahiers d'expériences de Faraday permettent non seulement de pénétrer dans l'intimité des grandes découvertes dues à ce savant, mais contiennent encore une foule d'indications, de suggestions, de directives expérimentales dont on peut tirer le plus grand profit. La publication a respecté fidèlement le texte de Faraday, et reproduit beaucoup de croquis originaux. Elle représente un effort remarquable de luxe et de précision, et nous augurons pour elle le meilleur succès.

L. B.

***

**Dirac** (A.-M.). — **Les Principes de la Mécanique quantique.** — *Volume XXI du Recueil des Conférences-rapports de Documentation sur la Physique,* — 1 *vol. in-8° de* 314 *pages.* Les Presses Universitaires de France. *Paris,* 1932.

Chacun connaît la part importante prise par l'auteur au développement des théories qui sont à la base de la physique moderne.

C'est à lui, en particulier, que l'on doit l'équation qui met en évidence la séparation des notions de « moment cinétique de rotation » et de « moment cinétique d'orbite » dans le mouvement de l'électron.

Pour parvenir à ce résultat Dirac a utilisé le calcul symbolique dont les éléments essentiels sont les invariants et les transformations.

On sait qu'en ce qui concerne la forme mathématique sous laquelle on peut présenter la théorie, tout auteur a le choix entre deux méthodes d'exposition distinctes :

D'une part, la méthode symbolique et d'autre part la méthode des coordonnées ou des représentations qui emploient des systèmes de nombres correspondant à ces grandeurs.

On expose d'habitude la mécanique quantique en utilisant la seconde, et on la désigne sous le nom de mécanique ondulatoire ou mécanique des matrices. Elle possède l'avantage de n'exiger que des connaissances mathématiques familières mais la méthode

symbolique semble pénétrer plus profondément la nature des choses et permet d'exprimer les lois physiques d'une façon élégante et concise. Son emploi se généralisera de plus en plus à mesure qu'on la comprendra mieux et que le calcul mathématique auquel elle fait appel se développera davantage.

Dans l'ouvrage traduit en français par MM. Proca et Ullmo les principes de cette nouvelle mécanique sont exposés en y introduisant deux notions, celles d'onde et de particule, « deux abstractions utilisées pour décrire une seule et même chose ».

Le but de la physique étant de calculer et d'obtenir des résultats comparables aux résultats de l'expérience, on est alors conduit à conclure que tout essai pour pénétrer dans le mécanisme des relations entre ondes et particules est dénué de sens.

De là l'idée nouvelle fondamentale exprimée par le principe de superposition (chap. I) que l'auteur expose en analysant d'abord la polarisation de la lumière et en l'étendant ensuite à un système atomique quelconque. Dans ce principe est introduite la notion des états sur lesquels opère la mécanique quantique, d'où la nécessité de définir « l'algèbre des états » (chap. II).

A la notion d'état s'ajoute celle de grandeurs observables (chap. IV).

Après avoir montré comment sont appliqués à ces notions nouvelles les principes de calcul, l'auteur traite de la théorie des transformations (chap. V).

L'étude des méthodes générales de la mécanique quantique qui font, comme on l'a vu, l'objet des cinq premiers chapitres, sont suivis de leurs applications. Trois chapitres sont ainsi relatifs au mouvement. Après avoir établi les équations du mouvement (chap. VI), l'auteur en fait quelques applications, notamment à la rotation de l'électron sur lui-même (chap VII) et aux mouvements dans un champ de forces centrales (chap VIII). On aboutit ainsi à la théorie des perturbations (chap. IX), dont une application intéressante est l'interprétation de l'effet Zeeman anomal.

Un autre chapitre est consacré (X) aux problèmes de collision se traduisant par des phénomènes de diffusion. Dans un chapitre suivant (XI), la théorie du rayonnement, l'auteur expose la théorie des ensembles d'Einstein Bose et développe le calcul de l'énergie de l'interaction entre un photon et un atome.

Jusqu'ici il n'a pas été encore tenu compte de la relativité; cette notion est seulement introduite dans un dernier chapitre (XIII) qui concerne la théorie relativiste de l'électron où l'auteur expose le résultat qui couronne son œuvre.

L'auteur, au cours de son ouvrage a rapproché chaque fois que la chose était possible la méthode de la mécanique quantique de celle à laquelle conduirait la mécanique classique; son but étant d'initier le lecteur.

Malgré le caractère ardu des questions traitées, pour ceux qui ne connaissent que les méthodes de calcul classique, la lecture de l'ouvrage de M. Dirac est aisée grâce à la clarté de l'exposé qui n'est pas purement mathématique et grâce aussi, il faut le dire, à la parfaite traduction qui présente ainsi une réelle valeur scientifique et didactique.

L. Potin.

***

**Ollivier** (H.). — **Cours de Physique générale.** — Tome III. 3e *édition.* — 1 *vol. gr. in-8° de* 806 *p. avec* 455 *figures et* 3 *planches hors texte. Hermann et Cie, éditeurs. Paris,* 1932 (*Prix, broché :* 100 *francs).*

Le cours de Physique générale de M. Ollivier est bien trop connu, pour que l'on puisse ici se permettre de le recommander.

Les trois éditions successives démontrent bien, en effet, tout l'intérêt qu'il a suscité et la faveur méritée qu'il a rencontrée près des étudiants.

Le cours de Physique générale dont le présent volume fait partie, est une deuxième étude d'ensemble de la Physique proprement dite. C'est une deuxième étude, en effet, car on y suppose connu à l'avance tout ce qui figure en physique au programme des lycées. C'est une étude générale comme celle que peuvent faire des étudiants non encore spécialisés. Il ne faut donc pas y chercher ni exposés très élémentaires à l'usage de ceux qui ont tout à apprendre en physique, ni théories détaillées non plus, qui empliraient plusieurs dizaines de gros volumes comme l'a démontré M. Bouasse.

M. Ollivier a donc dû délimiter son sujet et laisser de côté de vastes questions appartenant au même groupe de sciences que la physique expérimentale classique.

Ainsi les sujets traités dans le volume qui paraît aujourd'hui sont susceptibles de recevoir dans deux directions différentes : celles de la physique mathématique et de la physique appliquée, des développements considérables qui trouvent leur place dans des enseignements et des ouvrages distincts.

Ce troisième volume a remanié en de nombreux endroits, la deuxième édition, et s'est enrichi d'additions importantes comportant 94 pages; mais le niveau de l'ouvrage n'a pas changé au point de vue mathématique.

Nous rappellerons que le tome I comportait l'étude de la gravitation, de l'électricité, du magnétisme, des ions et des électrons, et enfin de la symétrie.

Que le tome II avait pour objet la thermo-dynamique et l'étude de l'énergie rayonnante.

Ce troisième volume est consacré aux mouvements vibratoires; à l'acoustique, à l'optique physique, aux ondes électromagnétiques; à l'électro-optique, et aux effets optiques du mouvement.

F. P.

## 3° Sciences naturelles.

**Bœuf** (Félicien), *Chef du Service Botanique et Agronomique de la Direction générale de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation de Tunisie.* — **Le Blé**

**en Tunisie.** — *Vol. I.* La Plante. Le milieu physico-chimique. — *1 vol. de 454 p. avec fig. dans le texte, planches en noir et en couleurs h. t., cartes dépliantes. Tunis* (*Prix* : 100 *fr.*).

L'importance de l'ouvrage de M. Bœuf dépasse de beaucoup le cadre de son titre, car c'est la grande question du Blé qui y est traitée dans son ensemble, en l'appropriant aux conditions spéciales de l'Afrique du Nord. Il nous montre comment on a pu adapter les méthodes de culture que nous connaissons sous nos climats à des conditions souvent fort différentes. Cette adaptation, M. Bœuf en a été un des pionniers et il l'a portée à un degré de perfection; son œuvre est connue de tous les agronomes et généticistes. Ce livre est l'expression et le fruit de plus de vingt années d'étude et d'expériences réalisées, non seulement dans le cabinet, le laboratoire, mais dans un champ d'application sans cesse agrandi jusqu'aux limites de la Régence elle-même. Les résultats de la collaboration de la Science et de l'effort de colons particulièrement ouverts au progrès sont manifestes aujourd'hui. M. Bœuf les mentionne au chapitre « Statistique » : la surface emblavée a passé en Tunisie de 415.000 hectares en 1909 à 685.000 en 1929, s'accroissant à la cadence de 13.000 ha par an; la proportion d'accroissement est pour le colon européen du simple au triple en 15 ans (1914 à 1928). La comparaison des rendements de la culture indigène avec ceux de la culture des colons est édifiante : très faibles chez les premiers, ils peuvent atteindre au contraire 20 à 30 qx à l'hectare chez les seconds qui suivent les directives du Service Botanique. M. Bœuf dirige ce service et met ainsi en œuvre une organisation scientifique et agronomique que la métropole peut envier; elle fait penser aux « Bureaux » du Département de l'Agriculture des Etats Unis avec ses services spécialisés; ils reçoivent ici de M. Bœuf leur impulsion favorable. C'est en quelque sorte la somme des travaux réalisés et des résultats obtenus sous sa direction que M. Bœuf nous présente aujourd'hui en ce qui concerne spécialement le blé.

Le plan se dégage logiquement :

La *Génétique* donne des types variés, nombreux, où l'on pourra choisir ceux qui sont le mieux adaptés au milieu;

La *Physiologie* de la plante renseigne sur ses besoins notamment pendant les « périodes critiques », c'est-à-dire sur les exigences spéciales de la plante en eau à certains stades de son évolution;

La *Phénologie* établit son rythme de développement sous le climat donné.

Voilà pour la plante.

Une fois celle-ci connue, il faut faire de l'*Ecologie*, c'est-à-dire préciser les conditions du milieu (air et sol) où elle se développera et appeler à l'aide la Météorologie : pluviosité, hygrométrie, insolation; la connaissance de la nature physique et chimique du sol.

Ensuite, il y a lieu d'intervenir en faisant choix, dans les produits fournis par la génétique, de ceux qui répondent le mieux aux conditions reconnues du milieu, et d'intervenir encore par les *méthodes de culture*.

Ce travail ne présente pas seulement un intérêt agronomique, mais encore scientifique; il apporte de nombreux faits nouveaux à la Génétique, à la Systématique, à l'étude des conditions écologiques du milieu. Ces résultats sont un appoint à la question de l'hérédité et — en ce qui concerne l'écologie — ils peuvent s'appliquer aussi bien à la Géobotanique, en général, qu'aux plantes cultivées, en particulier.

Il faut encore insister sur la façon dont est réalisée ici la liaison entre la Science et l'application, M. Bœuf est un savant doué du sens pratique.

Il est impossible d'énumérer tous les résultats obtenus; contentons-nous de signaler : l'étude monographique des sortes indigènes, l'introduction de variétés étrangères, les tendances à substituer en Tunisie les blés tendres aux blés durs, appoint de ces blés tendres pour la métropole comme « blés de force », l'étude expérimentale des Hybrides de blé et l'apport, dans cette voie, de faits nombreux aux études mendéliennes : des techniques pour le croisement et pour l'appréciation du rendement des lignées isolées, etc. Les recherches de M. Bœuf sur la *lignée pure* et sa constance sont bien connues. Il a fait de la *sélection généalogique* un des principaux instruments d'amélioration de la culture du blé en Tunisie; il a pu assister Vavilov dans ses recherches en Afrique sur l'origine du blé et sa diversification par dispersion. Au point de vue écologique, l'auteur aborde la question avec les moyens matériels puissants dont il dispose et étudie le climat, le sol, l'eau surtout qui est un facteur limitant en Tunisie; le *dry farming* et les périodes dites « critiques » du blé donnent lieu à des développements très importants. La Phénologie reçoit son application dans le choix des variétés dont le rythme de développement cadre le mieux avec les exigences des périodes critiques sous le climat tunisien. Toutes ces données permettent d'établir les meilleures méthodes de culture pour la Régence.

L'auteur cependant n'a pas fait l'application si féconde de la Cytologie à la Génétique; c'est qu'on ne peut être à la fois aux champs et au laboratoire; mais il en possède parfaitement les données et organise actuellement ce genre d'études.

Nous sommes obligé de nous en tenir là dans cette analyse; nous avons mentionné ailleurs quelques détails[1], mais il est nécessaire de se reporter au travail original de M. Bœuf. Il constitue le plus bel ouvrage que nous possédions en langue française sur la question du blé, avec ses 454 p. et de superbes planches en couleurs, ses figures et ses cartes dépliantes concernant la pluviosité en Tunisie et la statistique des productions respectives en blé : européenne et indigène.

1. *Rev. de Botanique appl. et d'Ag. trop.*, Paris, t. XII, n° 132, p. 629-637.

Tout cela réalise bien une œuvre originale, car il fallait transposer, adapter ce que nous connaissons aux conditions spéciales de la Tunisie; ces conditions elles-mêmes, il était nécessaire de les déterminer.

En terminant, il n'est pas sans intérêt de mentionner que M. Bœuf a présenté ce travail comme thèse de Doctorat ès Sciences devant la Faculté de Lyon; il y a là, en quelque sorte, une innovation, car c'est la première fois, comme l'a fait remarquer M. Aug. Chevalier, que l'on soumet à un Jury de Faculté un travail de Botanique appliquée de cette envergure. Dans ce cas, tout au moins, l'initiative est heureuse, car il est difficile de démontrer mieux que ne l'a fait l'auteur, l'union féconde de la science en apparence la plus spéculative, avec l'application; il faut le répéter, M. Bœuf est un savant doué de sens pratique. Si les savants, qui, à l'exemple de M. Bœuf, établissent le lien entre la Science et l'Agriculture n'étaient pas aussi rares et, par suite, le nombre des élèves qu'ils peuvent former, si restreint, on n'aurait pas à déplorer la difficulté du recrutement des chercheurs dans cette voie, dont s'affligent les esprits clairvoyants.

J. Beauverie,
Professeur à la Faculté des Siences de Lyon

***

**Maucha** (Dr Rezsö), *Privatdozent à l'Université royale hongroise Petrus-Pázmány, de Budapest.* — **Hydrochemische Methoden in der Limnologie mit besonderer Berücksichtigung der Verfahren von L. W. Winkler.** — 1 *vol. gr. in-8° de* x-173 *pages,* 4 *pl.,* 19 *tabl. et* 36 *fig. dans le texte.* (Collect. A. Thienemann, Die Binnengewässer, *Bd* XII). *Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandl.*, 1932. (*Prix : br.,* 18 *M.; rel.,* 19 *M.* 50.

Les limnologues ne s'attachent plus exclusivement, maintenant, à l'examen des êtres qui vivent dans les eaux continentales; afin de préciser les conditions d'existence auxquelles les organismes paludicoles sont soumis, ils ont entrepris de faire l'étude approfondie des caractères physico-chimiques du milieu aquatique. Un nombre considérable de travaux de ce genre ont été effectués au cours des dix dernières années, surtout en Europe centrale et en Scandinavie.

Dans ce domaine, les limnologues se sont heurtés à de très grosses difficultés; les recherches hydrochimiques, en particulier, sont extrêmement délicates : il faut faire des analyses quantitatives très précises en opérant presque toujours sur place, en plein air, souvent dans des régions d'accès difficile, avec un matériel réduit. On a dû mettre au point des méthodes d'investigation spéciales, parfois très ingénieuses. C'est à l'exposé de ces techniques que M. R. Maucha consacre son livre.

Après avoir indiqué les moyens de faire des prélèvements d'eau en surface et en profondeur, l'auteur examine les procédés utilisés pour analyser les gaz dissous (plus spécialement oxygène et gaz carbonique), les électrolytes (anions des hydrocarbonates, carbonates, silicates, phosphates, sulfates, chlorures, iodures; cathions calcium, magnésium, potassium, sodium, fer, manganèse), les matières organiques et certains de leurs produits de décomposition (protéides, ammoniaque, nitrites, nitrates, hydrogène sulfuré, méthane). Il passe en revue les différentes méthodes proposées et met en évidence les avantages et les inconvénients de chacune.

Ce livre est le *vade-mecum* indispensable à tout limnologiste qui étudie la composition chimique des eaux.

P. Remy.

## 4° Sciences médicales.

**Meyerhof** (Otto). — **Chimie de la contraction musculaire.** *Traduit par* L. Genevoix. — *Delmas-Bordeaux, Herman, éditeurs,* 6, *rue la Sorbonne, Paris (Ve).*

Nos connaissances sur la chimie de la contraction musculaire ont fait d'importants progrès depuis les travaux de Meyerhof dont la traduction est offerte au lecteur français. La contraction peut s'effectuer en anaérobiose. L'oxygène agit en phase de repos pour régénérer le glycogène à partir de l'acide lactique produit pendant le travail.

A côté des polysaccharides et des acides hexosephosphoriques, l'acide adénylpyrophosphorique et l'acide créatinephosphorique jouent un rôle important dans la contraction musculaire. « L'hydrolyse de l'acide créatinephosphorique présente de nombreuses analogies avec la fermentation des glucides. Cette combinaison reste longtemps à un taux constant dans le muscle isolé placé dans l'oxygène, elle se détruit par contre lentement et d'une manière continue dans l'anaérobiose de repos, elle se détruit plus rapidement par action de $CO^2$, ainsi que par action des substances déterminant la contracture, elle se détruit avec une vitesse maxima en anaérobiose au cours de la contraction. Enfin au cours de la réparation dans l'oxygène, cette substance est resynthétisée ».

L'ammoniaque se forme dans le muscle comme dans le foie. Mais tandis que dans le foie une adjonction d'acides aminés augmente la production d'ammoniaque, cela n'a pas lieu dans le muscle.

Le Chapitre VI est particulièrement intéressant; il aborde les phénomènes chimiques dans leurs relations avec la production calorifique. L'auteur étudie successivement la chaleur de la fermentation du glycogène, la chaleur d'hydrolyse de l'acide créatinephosphorique, la chaleur d'hydrolyse de l'acide adénylpyrophosphorique, puis il établit le bilan thermique, c'est-à-dire la chaleur mesurable au calorimètre de la période de réparation, le cycle des transformations aérobies d'énergie enfin l'énergétique de la synthèse des glucides à partir de l'acide pyruvique.

Le livre se termine par une étude approfondie des phénomènes chimiques de la contraction musculaire avec le travail mécanique produit.

René PORAK.

## 5° Art de l'Ingénieur.

**Vennin** (L.). — **Les Poudres et Explosifs.** — 1 *vol. de* 726 *p. Librairie Ch. Béranger, Paris,* 1932 (*Prix : relié,* 150 fr.)

L'ouvrage de MM. Vennin et Chesnau : *Les poudres et explosifs et les mesures de sécurité dans les mines de houille,* publié en 1914, est le premier du genre qui ait paru en France.

On y trouve l'ensemble des connaissances mécaniques, physiques, chimiques, technologiques, que l'on possédait alors, sur les poudres et les explosifs.

L'ouvrage était divisé en deux livres : le premier sur les poudres et explosifs, rédigé par M. Vennin, le second sur les mesures de sécurité dans les mines de houille, rédigé par M. Chesneau.

La partie théorique, traitant de la statique et de la dynamique des explosifs, suivie de l'exposé des méthodes d'essais pratiques, occupait le premier tiers du volume; le reste traitait des fabrications industrielles, des méthodes de contrôle et des méthodes d'emploi des matières explosibles.

Mais depuis l'époque où les auteurs ont écrit leur traité, la grande guerre a éclaté et de nombreux changements se sont produits; il était donc inévitable que les explosifs et les poudres qui, durant la tourmente, devaient jouer un rôle de premier plan, ressentissent plus que tout autre, les effets de ces changements.

M. Vennin a donc demandé à MM. E. Burlot et H. Lecorche, Ingénieurs au corps des Poudres, de compléter et de mettre à jour son ouvrage, la partie écrite par M. Chesneau étant disjointe et devant figurer désormais dans une étude d'ensemble sur les Industries minières.

La partie expérimentale a été développée par M. Burlot, de sorte que le texte qui s'y rapporte a été presque doublé. L'auteur distingue avec netteté ce qui est d'ordre rationnel et ce qui est d'ordre théorique. Il fait la part des simplifications qu'apportent les idées abstraites, et il indique, chaque fois qu'il est possible, leur répercussion sur les données expérimentales.

En physicien averti il a traité cette partie avec un rare degré d'habileté, dans un style très clair et sans autre recherche que la précision.

Si les principes généraux ne pouvaient guère subir de changements, tel n'était pas le cas pour leur développement. L'édition nouvelle a donc bénéficié des immenses progrès qui ont été réalisés en chimie théorique, particulièrement en ce qui concerne les phénomènes d'équilibre dans les systèmes gazeux. L'étude des chaleurs spécifiques, ainsi que celle des variétés d'ondes qui émanent des explosions, témoignent de progrès analogues.

M. Burlot a, de même, introduit ici, une nouvelle étude des explosifs solides où, relatant ses propres expériences, il oublie de se citer.

D'une façon générale il a développé toutes les questions théoriques de l'édition primitive, et fait les additions imposées par les récents progrès. Les chapitres relatifs aux essais pratiques ont été modifiés également, mais plus profondément encore que les précédents, car M. Burlot est là dans un domaine qu'il a surtout exploité et dont les moindres particularités lui sont familières.

La partie chimique et industrielle de la première édition, a été complétée par M. l'Ingénieur en chef Lecorche. C'est ainsi qu'a été développée l'étude des matières premières du coton-poudre, les plastifiants, les gélatinisants, les procédés de débenzolage du gaz d'éclairage, l'étude des nitro-toluènes, l'étude des nitro-phénols, les procédés de transformation du benzène en phénol; la fabrication de l'acide picrique, la récupération de l'acide nitrique, la fabrication du tétryl, les procédés de synthèse de l'acide nitrique, l'emploi du nitrate de soude dans les mélanges explosifs, les explosifs à oxygène liquide, etc... etc...

M. Lecorche a étendu l'étude des matières premières et celle des procédés analytiques et des méthodes de contrôle, auxquelles il a d'ailleurs apporté une importante contribution personnelle. Enfin il a mentionné la loi qui régit la stabilité des nitrates des polyalcools, d'après leur constitution en chaîne longue, ou en chaînes ramifiées.

Il a rappelé les idées récentes d'Haworth sur la constitution des sucres, celles de Meyer et Mark sur la constitution de la cellulose, de ses dérivés nitrés, déduites de considérations sur leur diagramme de rayons X.

Cette nouvelle édition du traité est donc aussi complète qu'on pouvait le désirer, et si le plan primitivement adopté par M. Vennin a été conservé, c'est qu'à vrai dire, il était impossible d'en imaginer un meilleur.

L. P.

# ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

### ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

*Séance du 7 Novembre 1932.*

**J. Costantin** : Le secret de Java. — **Bertrand Gambier** : Surfaces réglées algébriques et leurs singularités. — **Potron** : Sur certaines transformations conformes dans un espace de Riemann. — **Vignaux** : Sur la méthode de sommation de Riemann. — **Nikola Obrechkoff** : Sur la sommation de la série trigonométrique de Fourier et de la série conjuguée. — **P. Papcovitch** : Expressions générales des composantes des tensions, ne renfermant comme fonctions arbitraires que des fonctions harmoniques. — **J. Haag** : Sur l'amélioration de l'isochronisme des pendules par l'emploi de butées élastiques. — **R. Thiry** et **L. Sackmann** : Sur une disposition particulière des lignes de courant à l'avant d'un obstacle. — **P. Idrac** : Sur des enregistreurs ultra-sensibles pour avion de variation d'altitude et de température. — **Kiveliovitch** : Sur quelques cas particuliers du problème des trois corps avec chocs. — **Th. V. Ionescu** et **C. Mihul** : Les gaz ionisés dans le champ magnétique ; pressions plus petites que $10^{-3}$ mm. Hg. — **G. Athanasiu** : Sensibilité dans le spectre des piles à électrodes de cuivre recouvertes de sous-oxyde de cuivre. — **E. Carvallo** : C'est l'effet Esclangon qui fut observé par M. Miller au mont Wilson. — **Yves Rocard** : Sur la théorie de l'opalescence critique. — **S. Y. Sze** : Sur les rayons $\beta$ émis par le dépôt actif de l'actinium. — **Francis Perrin** : Vie moyenne des noyaux atomiques activés. Cas probables d'impossibilités d'émissions $\gamma$. — **G. I. Costeanu** : Mesures de forces électromotrices dans l'ammoniac liquide. — **B. Bogith** : Sur l'emploi de diaphragmes dans l'électrolyse industrielle des métaux. — Mlle **Suzanne Veil** : Rythmicités observées dans la précipitation électrolytique de matières colorantes. — Mme **Ramart-Lucas** et M. **Trivedi** : Couleur et comportement chimique dans la série cinnamique. — **E. Darmois** et **R. Chalin** : Cryométrie de quelques électrolytes dans l'hydrate fondu $Cl^2Ca + CH^2O$. — **E. Vellinger** : Sur les propriétés superficielles du caoutchouc. — **A. Demolon** et **E. Batisse** : Influence des anions sur la floculation de l'argile colloïdale par des sels de potassium. — **André Chrétien** et **Pierre Laurent** : Méthode d'analyse physicochimique en solution organique par mesure du pouvoir inducteur spécifique. — **Pierre Jolibois** et **Louis Cloutier** : Sur les sels basiques du plomb. — **Firmin Govaert** : Le dosage des halogènes dans les matières organiques par la méthode au sodammonium. — **P. Carre** et **D. Libermann** : Sur les chlorures d'acides arysulfureux et sur les sulfites mixtes d'aryle et d'alcoyle. — **Georges Lévy** : Sur quelques dérivés de la $\beta$-éthyl-naphtaline. — **Pierre Bedos** et **Adrien Ruyer** : Sur quelques réactions du cyclohexadiène — 1.3. — **A. Demay** : Sur l'existence d'un arc antéstéphanien et sur la continuité des poussées apparentes vers l'extérieur de l'arc depuis le Lyonnais jusqu'en Corrèze. — **Jean Goguel** : Sur la tectonique du Lubéron (Provence). — **Jacques Fromaget** : Sur la structure des Indosinides. — **A. Rivière** : Contribution à l'étude du Paléozoïque de l'Elbrouz central. — **Jean Legrand** : Sur l'utilisation des observations d'échelles sur les fleuves en vue de la recherche de cycles climatériques. — **J. Lacoste** : Sur un séisme à épicentre méditerranéen. — **Jean Lugeon** : L'éclipse de soleil du 31 août 1932 et le sondage par les parasites atmosphériques. — **St. Jonesco** : Sur les mouvements des fleurs de l'*Ipomea purpurea*. — **P. Martens** : Alternance de phases et sexualité dans un cycle conidien, chez *Pholiota aurivella*. — **F. Obaton** : Sur la présence de saccharose dans les rameaux et dans les feuilles de l'*Evonymus europeus* L. — **Jean Chaze** : De l'existence d'un nouveau principe actif dans *Bryonia dioica*. — **Raoul Lecoq** : Les vitamines B interviennent-elles dans l'utilisation des lipides ? — **J. Giaja** et **Ilija Dimitrijevic** : Influence de la température ambiante sur l'effet des substances dites pyrétiques. — **Marcel Florkin** : La courbe de dissociation de l'oxyhémérythrine dans le liquide cœlomique du Siponcle. — **Charles Dubois** : Spécificité de la réaction allergique comme procédé de diagnostic de la mélitococcie ovine.

### ACADÉMIE DE MÉDECINE DE PARIS

*Séance du 25 Octobre 1932.*

*Correspondance officielle.* — M. **le Ministre de la Santé publique** : Affections épidémiques. Lettre de M. **le Président** de la Société centrale d'Aviculture demandant l'avis de l'Académie sur la valeur nutritive des œufs.

*Correspondance non officielle.* — M. le Dr **Haibe** : Lettre de candidature au titre de correspondant étranger dans la première division (Médecine). — M. le Prof. **Mayer,** MM. **Léon** et **Paul Weill** : Don de livres pour la Bibliothèque.

*Commission de la valeur nutritive des œufs.*

*Centenaire de M. Guéniot.*

*Nécrologie.* — Décès de M. le Prof. **Mirallié.**

*Présentation d'un ouvrage imprimé.* — M. le Prof. **Luis Morquio** : *Conférences sur la tuberculose infantile.*

*Rapport.* — M. **Loir** : Sur la déclaration obligatoire des maladies contagieuses. — Discussion : M. **Netter**.

*Communications.* — M. **Charles Richet** : Les origines de la sérothérapie. Son passé, — son présent, — son avenir. — M. **Besançon** et Mlle **Suzanne Dreyfus** : Vaccination antidiphtérique dans une population scolaire et préscolaire de la banlieue parisienne.

*Lectures.* — M. **O. Crouzon** : Sur la pathologie de la dysostose craniofaciale héréditaire. — M. **E. de Massary** : Absence de corrélation entre les syndromes nerveux et les modifications biologiques du liquide céphalo-rachidien. Essai d'interprétation. — MM. **A. Clerc**,

**S. Vialard** et **Balaceanu** : La dissociation auriculo-ventriculaire au cours du rhumatisme articulaire aigu.

*Séance du 8 Novembre 1932.*

*Centenaire de M. A. Guéniot.* — Allocutions de MM. **Meillère**, président, et **Charles Achard**, secrétaire général de l'Académie ; de MM. **Paul Bar**, **Pierre Duval**, **L. Mourier**, **Ambroise Rendu** et **de Fontenay**, président du Conseil municipal ; puis de M. **de Monzie**, ministre de l'Education nationale. — Remerciements de M. **A. Guéniot**.

## SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

*Communications de 1932.*

M. **Marcel Avel** : *L'influence du niveau de section de la corde dorsale sur la longueur du régénérat dans la queue des têtards d'Amphibiens anoures.* La longueur de la queue régénérée après amputation, chez les têtards d'Anoures, est conditionnée surtout par le niveau de la section de la corde dorsale. La moelle épinière, les muscles et la membrane natatoire paraissent ne jouer, de ce point de vue, qu'un rôle secondaire. — Mme **N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa** et M. **N. Kobozieff** : *L'interruption de la colonne vertébrale au niveau du tronc chez les Souris brachyures et anoures.* Les auteurs avaient décrit antérieurement dans une lignée de Souris à queue mutée, l'interruption du squelette dans le segment caudal de la colonne vertébrale. Dans la présente Note, ils décrivent une telle interruption au niveau des segments supérieurs, thoracique et lombaire. Cette malformation chez un membre d'une famille correspond parfois à une fusion de vertèbres rudimentaires au même niveau de la colonne vertébrale chez un autre membre de la même famille. Cela fait penser à l'existence d'un facteur localisateur dans la transmission héréditaire de cette forme particulière chez les Souris de lignée à queue mutante étudiée. — M. **René Legroux** : *L'endolyse bactérienne.* — MM. **R. Legroux** et **Kemal Djemil** : *Lyse bactérienne et formol : principe anabactériolytique.* Dans une série d'expériences le principe lytique s'est comporté comme la toxine diphtérique en présence de formol : il a perdu son activité spécifique, mais a conservé, comme l'anatoxine de Ramon, la totalité de son pouvoir antigène. — M. **E. Buc** : *Sur la bactériolyse du Bacille de Koch par les tissus tuberculeux* in vitro. Les tissus tuberculeux prélevés à l'autopsie du Cobaye et conservés à 37° perdent rapidement leur pouvoir infectant pour l'animal neuf. La virulence disparaît plus vite dans le foie que dans les ganglions ou dans la rate. Or dans les mêmes conditions les sérosités et les exsudats tuberculeux paraissent dépourvus de tout pouvoir bactéricide vis-à-vis du Bacille de Koch virulent. L'acidité, qui, à un certain degré, permet une survie plus longue ou même la culture du Bacille dans les exsudats ne modifie pas cette survie dans les tissus *in vitro*. L'alcalinisation, au contraire, qui paraît abréger la survie du Bacille dans les exsudats, retarde sa destruction par les tissus. — M. **E. Harde** : *Cancer et vitamines A ou D.* L'auteur a étudié, au point de vue préventif et curatif, l'effet produit par un excès de vitamines A ou D, avec ou sans sel de calcium, sur des Souris sujettes à des tumeurs spontanées des glandes mammaires ; il leur semble que, dans des cas exceptionnels, la vitamine A ou D peut être un adjuvant utile au traitement. — M. **A. Saenz** : *Sur l'infection tuberculeuse spontanée du Lapin et du Cobaye.* L'auteur apporte deux nouveaux faits d'infection spontanée l'un chez un Lapin, l'autre chez un Cobaye. Chez ce dernier la maladie n'évolue qu'avec une grande lenteur. — M. **Raymond Hamet** : *Action de la yohimbinisation sur les effets de l'excitation électrique du nerf d'Eckhard.* La yohimbine, qui inverse l'action normale des nerfs sympathiques mais laisse subsister les effets cardiaques de l'excitation électrique du vague, a été utilisée par l'auteur pour décider de la nature de l'innervation vaso-motrice pénienne. Il a pu ainsi constater que l'innervation parasympathique du pénis joue un rôle essentiel dans les phénomènes vaso-moteurs dont cet organe est le siège. — MM. **F. Maignon**, **D. Croizé** et **C. Nouvel** : *Influence de l'électrolyse prolongée sur les extraits tissulaires obtenus par précipitation alcoolique du maceratum aqueux de poudres d'organes.* Les extraits tissulaires obtenus par précipitation alcoolique du maceratum aqueux de poudres d'organes, extraits qui permettent d'obtenir le rétablissement de l'activité nutritive et fonctionnelle chez les vieux Chiens atteints d'insuffisance fonctionnelles (foie, rein, etc.) se comportent exactement comme des diastases sous l'influence de l'électrolyse prolongée à l'aide d'un courant de 110 volts. L'hypothèse de catalyseurs biochimiques s'accorde d'ailleurs parfaitement avec leurs caractères essentiels qui sont d'agir à doses extrêmement faibles et de n'exercer aucune action chez les sujets sains, même à fortes doses. Ces extraits, d'ailleurs, sont obtenus par un procédé d'extraction des diastases.

*Le Gérant :* Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 1-33.